

**PROYEK AKHIR RC - 090342**

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
SIDOARJO DENGAN METODE PRACETAK**

**Aulia Rahman Al Hamani**  
**NRP. 3110 030 009**

**Adimas Bayu Ramana**  
**NRP. 3110 030 023**

**Dosen Pembimbing**  
**Ir. Sungkono, CES.**  
**NIP. 19591130 198601 1 001**

**PROGAM DIPLOMA III TEKNIK SIPIL**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2014**



**FINAL PROJECT RC - 090342**

# **RE-DESAIN THE APARTEMENT MUHAMMADIYAH UNIVERSITY OF SIDOARJO WITH PRECAST**

**Aulia Rahman Al Hamani**  
**NRP. 3110 030 009**

**Adimas Bayu Ramana**  
**NRP. 3110 030 023**

**Counsellor Lecturer**  
**Ir. Sungkono, CES.**  
**NIP. 19591130 198601 1 001**

**DEPARTMENT OF DIPLOME CIVIL ENGINEERING**  
**Faculty of Civil Engineering and Planning**  
**Sepuluh Nopember Institute of Technology**  
**Surabaya 2014**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG RUMAH SUSUN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO DENGAN METODE PRACETAK

#### PROYEK AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik pada  
Program Studi Diploma III Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya

Oleh :

Mahasiswa I, Mahasiswa II,



Aulia Rahman Al Hamani  
NRP. 3111030009



Adimas Bayu Ramana  
NRP. 3111030023

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :  
Surabaya, 10 Mei 2014



Ir. Sungkono, CES.

NIP. 19591130 198601 1 001

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG RUMAH  
SUSUN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRACETAK**

**Nama Mahasiswa 1 : AULIA RAHMAN AL HAMANI**  
**NRP : 3111.030.009**  
**Jurusan : DIII TEKNIK SIPIL FTSP-ITS**

**Nama Mahasiswa 2 : ADIMAS BAYU RAMANA**  
**NRP : 3111.030.023**  
**Jurusan : DIII TEKNIK SIPIL FTSP-ITS**

**Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CES.**  
**NIP : 19591130 198601 1 001**

**ABSTRAK**

Beton pracetak atau precast merupakan salah satu metode disamping metode cor setempat (*cast in site*). Metode ini kini makin banyak digunakan dalam pembangunan. Hal ini dikarenakan metode ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode cor setempat (*cast in site*). Salah satu keunggulannya adalah kecepatan pelaksanaannya dan kontrol kualitas beton yang lebih baik.

Struktur Gedung Asrama Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo pada kondisi sebenarnya memakai metode cor setempat (*cast in site*) dan memiliki tinggi empat lantai. Gedung ini akan dirancang menggunakan metode pracetak pada elemen balok, pelat lantai, dan tangga. Sedangkan pada elemen kolom, dan pondasi seperti poer dan sloof serta beton *overtopping* direncanakan



menggunakan metode cor ditempat (*cast in site*). Hal ini karena elemen pracetak akan sangat ekonomis bila digunakan pada bangunan yang memiliki tipe tipikal.

Perhitungan pembebanan dari beban gravitasi dan beban lateral seperti beban gempa dan beban angin menggunakan SNI 03-1726-2010. Untuk perhitungan penulangan baik itu penulangan lentur maupun geser dan torsi. Elemen pracetak menggunakan ketentuan dari SNI 03-2847-2002. Gaya – gaya dalam yang terjadi akibat proses pengangkatan elemen pracetak dihitung dengan ketentuan dan *PCI design handbook Sixth Edition* dan SNI S-08-1990-F (Spesifikasi Rumah Tumbuh Rangka Beratap Dengan Komponen Beton Pracetak). Gedung ini juga akan dirancang menggunakan system rangka pemikul momen biasa (SRPMB) yang termasuk pada wilayah zona gempa 2.

Hasil dari perencanaan dengan metode pracetak ini didapatkan dimensi balok induk 250x450, 300x600, 150x300, dengan tulangan torsi D19, tulangan lentur D19, dan tulangan geser D12. Balok anak 200x300 dengan tulangan torsi D19, tulangan lentur D19, dan tulangan geser D12. Pelat lantai tebal 120mm dengan tulangan utama D12, tulangan susut D8. Dimensi kolom 300x450, dengan tulangan lentur D16, tulangan geser D10. Pondasi gedung ini akan dirancang menggunakan pondasi tiang pancang.

Kata Kunci :Pracetak (precast) , Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

## **RE-DESIGN THE APARTEMEN MUHAMMADIYAH UNIVERSITY OF SIDOARJO WITH PRECAST**

**1<sup>st</sup> Student's Name** : AULIA RAHMAN AL HAMANI  
**NRP** : 3111.030.009  
**Department** : CIVIL ENGINEERING  
DIII FTSP-ITS

**2<sup>nd</sup> Student's Name** : ADIMAS BAYU RAMANA  
**NRP** : 3111.030.023  
**Department** : CIVIL ENGINEERING  
DIII FTSP-ITS

**counsellor Lecturer** : Ir. Sungkono, CES.  
**NIP** : 19591130 198601 1001

### **ABSTRACT**

Precast or precast concrete is one of the methods in addition to methods of local cast (cast in site). This method is now increasingly used in the construction. This is because this method has several advantages over the methods of the local cast (cast in site). One advantage is speed of execution and quality control of concrete better.

Student Dormitory Building Structure, University of Muhammadiyah Sidoarjo on the actual conditions using the method of local cast (cast in site) and has a height of four floors. This building will be designed using the method of precast beam elements, floor slabs, and stairs. While the elements of the columns, and foundations as well as poer and sloof planned overtopping concrete cast in place method (cast in site). This is because the precast elements will be very economical when used in buildings that have a typical type.

Calculation of loading of gravity loads and lateral loads such as wind loads and seismic loads using SNI 03-1726-2010.

For the calculation of both the reinforcement and shear reinforcement bending and torsion. Precast elements using the provisions of SNI 03-2847-2002. Style - the style in which occur due to the removal of precast elements calculated with the terms and PCI design handbook Sixth Edition and ISO 08-1990 S-F (Specification Home Grown Frame Covered With Precast Concrete Components). This building will also be designed using a system of ordinary moment frame bearers (SRPMB) which includes the area of the earthquake zone 2.

The results of this planning method obtained precast beam dimensions 250x450, 300x600, 150x300, with reinforcement torque D19, D19 flexural reinforcement and shear reinforcement D12. 200x300 joists with reinforced torque D19, D19 flexural reinforcement and shear reinforcement D12. 120mm thick slab with main reinforcement D12, D8 shrinkage reinforcement. Column dimensions 300x450, with flexural steel D16, D10 shear reinforcement. The foundation of this building will be designed using pile foundation.

**Keywords:** Precast, Frame Systems bearer Ordinary Moment (SRPMB)

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah senantiasa kami haturkan kehadiran Allah atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karuniaNya kepada kita. Serta shalawat dan salam yang selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sehingga kami dapat menyelesaikan dan menyusun Laporan Proyek Akhir ini.

Tersusunnya Laporan Proyek Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan motivasi berbagai pihak yang banyak membantu dan memberi masukan serta arahan pada kami. Untuk itu kami ucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Bapak Ir. Sungkono, CES. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir ini.
2. Bapak Ir. M. Sigit Darmawan M.engSc, Phd. selaku Koordinator Program Studi Diploma III Teknik Sipil.
3. Kedua Orang Tua, saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah banyak memberi dukungan .
4. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan proyek akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan proyek akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan proyek akhir ini.

Semoga apa yang kami sajikan dapat memberi manfaat bagi pembaca dan semua pihak, Amin.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 LatarBelakang .....	1
1.2 RumusanMasalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 StudiPustaka.....	5
2.2 Pembebanan .....	5
2.3 PerencanaanStruktursekunder .....	12
2.3.1 PerhitunganPelat.....	12
2.3.2 PerencanaanTangga.....	20
2.3.3 PerencanaanStrukturAtapRangka Baja .....	21
2.3.3.1 PerencanaanGording.....	22
2.3.3.2 PenggantunganGording .....	25
2.3.3.3 IkatanAngin .....	26
2.3.3.4 Kuda-Kuda .....	27
2.3.3.5 KolomPendek Baja .....	30
2.3.3.6 PelatLandas.....	32
2.3.3.7 Sambungan .....	33
2.4 PerencanaanStruktur Primer .....	35
2.4.1 Perhitungan Balok.. .....	35
2.4.2 Perhitungan Kolom.....	44
2.5 PerencanaanStrukturBawah .....	47
2.5.1 Perhitungan Tang Pancang .....	47
2.5.2 Perhitungan Pile cap.....	49
2.6 PerencanaanMetodePracetak.....	51
2.6.1 PerencanaanKomponenStruktur .....	51
2.6.2 IntegritasStruktural.....	51
2.6.3 PerencanaanSambungandanTumpuan .....	54

2.6.4 Benda-Benda yang ditanamsesudah pengcoranbeton.....	56
2.6.5 Penandaandanidentifikasi.....	56
2.6.6 Penanganan.....	57

### **BAB III METODOLOGI**

3.1 Metode yang digunakan .....	59
3.2 Data PerencanaanGedung .....	59
3.3 Rumus-RumusdanPersamaan.....	59
3.4 Alurmetodologi .....	59
3.4.1 MetodePerencanaan.....	59
3.5 Flow Chart metodologi.....	64

### **BAB IV ANALISA BANGUNAN**

4.1 PerencanaanAwalStruktur.....	67
4.1.1 PerencanaanDimensiBalok.....	67
4.1.2 PerencanaanDimensiKolom .....	75
4.1.3 PerencanaanDimensiSloof.....	77
4.2 PerhitunganBebanGempa.....	78

### **BAB V PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

5.1 PerhitunganStrukturRangkaAtap .....	87
5.1.1 PerhitunganKuda-Kuda .....	87
5.1.2 PerhitunganGording .....	97
5.1.3 PerhitunganIkatanAngin.....	109
5.1.4 PerhitunganKolomPendek .....	116
5.1.5 PerhitunganPelatLandas .....	122
5.1.6 PerencanaanPenggantungGording.....	131
5.1.7 PerhitunganSambunganAtap .....	134
5.2 PerhitunganPelat .....	156
5.2.1 PerencanaanPelatSatuArah.....	156
5.2.2 PerencanaanDimensiPelat .....	157
5.2.3 Data-data perencanaanpelatpracetak .....	164
5.2.4 PerhitunganTulanganPelatTipe A.....	165
5.2.4.1 PembebananPelat.....	166
5.2.4.2 KontrolRetakdanLendutan.....	171
5.2.4.3 Penyalurandanpenyambungantulangan ...	172
5.2.4.4 AlatPengangkat.....	172

5.2.4.5	Kontrolteganganakibatpengangkatan .....	173
5.2.4.6	KontroltumpukanPelat.....	175
5.2.5	PerhitunganTulanganPelatTipe B.....	176
5.2.4.1	PembebananPelat.....	177
5.2.4.2	KontrolRetakdanLendutan .....	182
5.2.4.3	Penyalurandanpenyambungantulangan ...	183
5.2.4.4	AlatPengangkat.....	183
5.2.4.5	Kontrolteganganakibatpengangkatan .....	184
5.2.4.6	KontroltumpukanPelat.....	186
5.3	PerencanaanTanggaPracetak	
5.3.1	TanggaPracetakTipe 1 .....	187
5.3.2	TanggaPracetakTipe 2 .....	194

## **BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER**

6.1	PerhitunganStrukturKolom .....	201
6.1.1	PerhitunganPenulanganLenturKolom .....	201
6.1.2	PerhitunganPenulanganGeserKolom.....	230
6.1.3	PerhitunganSambunganLewatanTulanganVert ikalKolom.....	232
6.1.4	PanjangPenyaluranTulanganKolom.....	233
6.2	PerhitunganBalokPracetak .....	235
6.2.1	PenumpukanBalokInduk .....	236
6.2.2	PengangkatanBalokInduk.....	239
6.2.3	Erection betonPracetak .....	243
6.2.4	PenulanganBalokpadasaatKomposit .....	246
6.2.5	PerhitunganPanjangPenyaluranTulangan.....	280
6.2.6	PerhitunganPenulanganGeser .....	286
6.3	PerhitunganSloof .....	293
6.3.1	Data PerencanaanSloof.....	293
6.3.2	PerhitunganMomen Nominal .....	294
6.3.3	PerhitunganBebanAksialKolom.....	294
6.3.4	Penulangan Torsi Sloof .....	295
6.3.5	PenulanganLenturSloof.....	297
6.3.6	PenulanganGeserSloof .....	301
6.3.7	PanjangPenyaluranSloof .....	307

## **BAB VII SAMBUNGAN**



7.1 Umum.....	311
7.2 KriteriaPerencanaanSambungan .....	312
7.3 KonsepDesainBangunan .....	314
7.4 Pola-polakehancuran .....	316
7.5 PertimbangandalamPerencanaan.....	317
7.6 Penggunaan Topping Beton .....	320
7.7 PerhitunganSambungan.....	321
7.7.1 PerencanaanSambunganBalokKolom .....	321
7.7.2 PerhitunganBalokKolom .....	328
7.7.3 PerencanaanBalokIndukdenganBalokAnak .....	329
7.7.4 SambunganBalokIndukdenganBalokAnak.....	334
7.7.5 SambunganBalokdenganPelat .....	336
7.7.6 Tegangangeserpadapelatbajadanlas.....	337
7.7.7 Perencanaanpelatpenyambungantar panel pelat .....	337
7.7.8 Perencanaantebal Las .....	338
7.7.9 Perencanaan Reinforced Concrete Bearing .....	338

## **BAB VIII PONDASI**

8.1 PerencanaanPondasi .....	343
8.1.1 Data Perencanaan .....	343
8.1.2 PerhitunganDayaDukungIjin .....	344
8.1.3 PerhitunganDayaDukungPondasi Tunggal .....	345
8.1.4 PerhitunganKebutuhanTiangPancang .....	345
8.1.5 PerhitunganDayaDukung Pile BerdasarkanEfisiensi .....	348
8.1.6 PerhitunganTebalPoer .....	349
8.1.7 PerhitunganGeserSatuArahpadaPoer.....	350
8.1.8 PerhitunganGeserDuaArahpadaPoer .....	351
8.1.9 PerhitunganDayaDukungTiangPancangDalam Kelompok .....	356
8.1.10PerencanaanTulanganLenturPoer .....	363

## **BAB IX KESIMPULAN&SARAN**

9.1 Kesimpulan .....	369
9.2 Saran .....	372

## **BAB VII PENUTUP..... 373**

## **LAMPIRAN**

**BIODATA PENULIS**  
**DAFTAR PUSTAKA**

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Tabel 2.1	Faktor Keutamaan I untuk Berbagai kategori gedung dan bangunan .....	8
Tabel 2.2	Faktor Daktilitas Maksimum .....	9
Tabel 2.3	Ketentuan umum syarat pendetailan .....	11
Tabel 2.4	Tebal minimum pelat satu arah .....	13
Tabel 2.5	Tebal minimum pelat tanpa balok interior .....	15
Tabel 2.6	Rasio Tulangan Susut dan Suhu .....	17
Tabel 2.7	Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir ..	19
Tabel 2.8	Harga Tegangan Dasar Baja .....	21
Tabel 2.9	Pelindung beton untuk tulangan .....	36
Tabel 2.10	Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir ...	43

### **BAB V Perhitungan Struktur Sekunder**

Tabel 5.1	Batas Lendutan Maksimum .....	107
Tabel 5.2	Gaya Batang Ikatan Angin .....	115
Tabel 5.3	Ukuran Minimum Las Sudut .....	128
Tabel 5.4	Ukuran Minimum Las Sudut .....	136

### **BAB VI Perhitungan Struktur Primer**

Tabel 6.1	Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis .....	221
Tabel 6.2	Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis .....	222
Tabel 6.3	Faktor Beton Agregat Ringan .....	222
Tabel 6.4	Panjang Penyaluran Batang Ulir .....	269
Tabel 6.5	Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis .....	269
Tabel 6.6	Faktor Beton Agregat Ringan .....	270
Tabel 6.7	Panjang Penyaluran Batang Ulir .....	295
Tabel 6.8	Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis .....	296
Tabel 6.9	Faktor Beton Agregat Ringan .....	296

### **BAB VIII Pondasi**

Tabel 8.1	Rata-rata conus sondir .....	332
-----------	------------------------------	-----

## DAFTAR GAMBAR

### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Gambar 2.1	Faktor respons spectrum gempa rencana .....	10
Gambar 2.2	Bentang pelat .....	13
Gambar 2.3	Penguraian beban pada gording .....	22
Gambar 2.4	Beban Angin .....	23
Gambar 2.5	Penggantung Gording .....	25
Gambar 2.6	Bidang kerja ikatan angin .....	26
Gambar 2.7	Gaya-gaya pada Ikatan Angin .....	23
Gambar 2.8	Panjang Landasan .....	23

### **BAB III Metodologi**

Gambar 3.1	Flow Chart Metodologi.....	65
------------	----------------------------	----

### **BAB IV Analisa Bangunan**

Gambar 4.1	Balok Induk .....	74
Gambar 4.2	Balok Ring Balk .....	74
Gambar 4.3	Balok Tandon .....	75
Gambar 4.4	Kolom .....	76
Gambar 4.5	Sloof .....	78
Gambar 4.6	Grafik Respon Spectrum Zona 2 .....	79
Gambar 4.7	Faktor Reduksi Gempa Untuk SRPMB .....	80

### **BAB V Perhitungan Struktur Sekunder**

Gambar 5.1	Denah kuda kuda .....	88
Gambar 5.2	Gording Profil LLC 125.50.20.4 .....	97
Gambar 5.3	Proyeksi Gaya yang bekerja pada Gording ....	98
Gambar 5.4	Koefisien Angin .....	101
Gambar 5.5	Bidang Kerja Ikatan Angin .....	109
Gambar 5.6	Gaya-gaya Pada Ikatan Angin .....	110
Gambar 5.7	Denah Kolom Pendek .....	117
Gambar 5.8	Pelat Landas .....	122
Gambar 5.9	Diagram Tegangan pada Pedestal .....	125

Gambar 5.10 Modulus Penampang Las .....	129
Gambar 5.11 Detail Penampang Pelat Landas dan Angker .....	131
Gambar 5.12 Gaya yang bekerja Pada Gording .....	132
Gambar 5.13 Letak titik Sambungan yang Ditinjau .....	134
Gambar 5.14 Rencana Sambungan Antar Kuda-kuda .....	135
Gambar 5.15 Detail Sambungan Las .....	137
Gambar 5.16 Detail Sambungan Las Geser Sentris .....	138
Gambar 5.17 Modulud Penampang Las WF .....	139
Gambar 5.18 Detail Sambungan Las Geser Lentur .....	139
Gambar 5.19 Distribusi Gaya pada Baut .....	141
Gambar 5.20 Detail Sambungan Baut .....	141
Gambar 5.21 Gaya pada sambungan geser lentur .....	142
Gambar 5.22 Detail susunan baut yang dipasang .....	142
Gambar 5.23 Arah robekan pada kondisi fraktur 1 .....	143
Gambar 5.24 Arah Robekan pada kondisi fraktur 2 .....	144
Gambar 5.25 Detail Sambungan Baut yang Dipasang .....	145
Gambar 5.26 Sambungan Kuda-kuda dan Kolom Pendek ..	145
Gambar 5.27 Detail Sambungan Las .....	148
Gambar 5.28 Detail Sambungan Las Geser Sentris .....	149
Gambar 5.29 Modulud Penampang Las WF .....	149
Gambar 5.30 Detail Sambungan Las Geser Lentur .....	150
Gambar 5.31 Distribusi Gaya pada Baut .....	152
Gambar 5.32 Detail Sambungan Baut .....	152
Gambar 5.33 Gaya pada sambungan geser lentur .....	152
Gambar 5.34 Detail susunan baut yang dipasang .....	153
Gambar 5.35 Arah robekan pada kondisi fraktur 1 .....	154
Gambar 5.36 Arah Robekan pada kondisi fraktur 2 .....	155
Gambar 5.37 Detail Sambungan Baut yang Dipasang .....	156
Gambar 5.38 Bentang pelat .....	156
Gambar 5.39 Dimensi Tangga Tipe 1 .....	175
Gambar 5.40 Dimensi Tangga Tipe 2 .....	181

## **BAB VI Perhitungan Struktur Primer**

Gambar 6.1 Faktor Panjang Efektif (K) .....	199
Gambar 6.2 Diagram Interaksi Kolom .....	202

Gambar 6.3	Penulangan Kolom Arah X .....	208
Gambar 6.4	diagram Interaksi Kolom .....	209
Gambar 6.5	Penulangan Kolom Arah Y .....	214
Gambar 6.6	Input Gaya Aksial dan Momen kedalam Program PCACOL .....	215
Gambar 6.7	Grafik Akibat Momen Pada PCACOL .....	216
Gambar 6.8	Hasil Output pada Program PCACOL .....	216
Gambar 6.9	Denah Pembalokan Lantai 2 .....	223
Gambar 6.10	Penumpukan Balok Pracetak .....	224
Gambar 6.11	Asumsi Perletakan saat penumpukan .....	225
Gambar 6.12	Pengangkatan Balok Pracetak .....	227
Gambar 6.13	Asumsi Perletakan saat erection .....	232
Gambar 6.14	Tinggi Efektif Balok .....	236
Gambar 6.15	Luasan Acp dan Pcp .....	239
Gambar 6.16	Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMB ....	275
Gambar 6.17	Diagram gaya geser pada balok .....	278
Gambar 6.18	Gambar Luasan Acp dan keliling Pcp .....	283
Gambar 6.19	Diagram Interaksi .....	286
Gambar 6.20	Diagram gaya geser pada balok .....	292

## **BAB VII Sambungan**

Gambar 7.1	Konsol Pendek .....	309
Gambar 7.2	Letak Balok yang ditinjau .....	311
Gambar 7.3	Letak Balok Anak dan Balok Induk Yang akan ditinjau .....	309

## **BAB VIII Pondasi**

Gambar 8.1	penampang Poer .....	335
Gambar 8.2	Bidang Kritis Pons Satu Arah .....	338
Gambar 8.3	Bidang Kritis Pons Dua Arah .....	339
Gambar 8.4	penampang Poer Akibat Beban Tetap .....	346
Gambar 8.5	penampangPoer Akibat Beban Sementara ....	348
Gambar 8.6	penampangPoer Akibat beban Sementara ....	350
Gambar 8.7	penulangan Poer dan panjang penyaluran tulangan kolom .....	356

## **DAFTAR LAMPIRAN**

### **LAMPIRAN**

1. Brosur Tiang pancang jaya beton
2. Brosur Gording
3. Brosur Baut
4. Brosur Sondir



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Pemakaian beton saat ini merupakan kebutuhan yang penting dalam dunia konstruksi, terutama untuk beton precast yang merupakan beton siap pakai. Beton yang diproduksi diklarifikasikan dari mutu rendah, menengah, hingga mutu tinggi. Pemakaian beton mutu tinggi dalam elemen-elemen bangunan digunakan untuk menahan beban yang besar juga digunakan untuk memperoleh dimensi yang ramping dari bangunan sehingga dapat mengurangi berat sendiri beton.

Beton pracetak memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan metode konstruksi konvensional dalam hal kontrol kualitas, pengurangan jumlah pekerja, dan pekerjaan yang dilakukan di lapangan lebih memerlukan waktu yang singkat. Bentuk komponen strukturnya sederhana dan ringkas sehingga memudahkan dalam hal fabrikasi transportasi. Perencanaan komponen struktur beton pracetak dan sambungannya harus mempertimbangkan semua kondisi pembebanan dan kekangan deformasi mulai dari saat produksi awal, hingga selesainya pelaksanaan struktur, termasuk pembongkaran cetakan, penyimpanan, pengangkutan, dan ereksi.

Apabila komponen Struktur Pracetak dimasukkan ke dalam sistem struktural, maka gaya-gaya dan deformasi yang terjadi dan dekat sambungan harus diperhitungkan di dalam perencanaan. Toleransi untuk komponen struktur pracetak dan elemen penghubungnya harus dicantumkan dalam spesifikasi. Perencanaan komponen pracetak dan sambungan harus memperhitungkan toleransi untuk beton pracetak itu tersebut. (SNI-03-2847-2002 pasal 18.2 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung). Maka Proyek Akhir ini mengangkat tema, yaitu Perencanaan Ulang

Gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dengan Metode Balok Pracetak dan Pelat Pracetak..

Gedung Rumah Susun Universitas Muhamaddiyah Sidoarjo merupakan gedung bertingkat 3 yang terletak di wilayah sidoarjo. Berdasarkan pembagian wilayah gempa tersebut Gedung ini termasuk wilayah zona gempa 2 yang direncanakan dengan metode SRPMB. Akan tetapi pada proyek akhir ini akan direncanakan ulang di daerah yang sama dengan metode Sistem pracetak.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dengan Berpedoman pada latar belakang diatas, Rumusan masalah dihadapi adalah :

1. Bagaimana merencanakan komponen struktur pracetak yang digunakan
2. Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur gedung.
3. Bagaimana merencanakan saat penumpukan komponen pracetak.
4. Bagaimana merencanakan *erection* dan *connection* dalam pemasangan komponen pracetak.
5. Bagaimana menampilkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik.

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penyusunan proyek akhir ini adalah :

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada struktur gedung.
2. Menganalisa gaya-gaya dalam struktur gedung untuk menghitung kekuatan struktur bangunan dalam merespon beban gempa yang dialami.
3. Merencanakan komponen pracetak saat pengangkatan.
4. Menampilkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik
5. Mengetahui bagaimana merencanakan erection dan connection dalam pemasangan komponen pracetak.

### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari penyusunan proyek akhir ini adalah :

1. Mampu menerapkan perhitungan dan perencanaan Sistem Struktur Sistem pracetak untuk merencanakan struktur Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
2. Mampu menghasilkan suatu desain bangunan umum yang mampu mempersingkat waktu pelaksanaan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Pustaka**

Agar perencanaan struktur gedung dapat memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan yang dibutuhkan sebuah gedung, maka tinjauan pustaka ini akan menjelaskan secara garis besar mengenai teori studi pustaka.

Perhitungan perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dengan sistem *Pre-Cast* mengacu pada :

1. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD oleh Agus Setiawan.
2. Disain Beton Bertulang jilid 1 dan 2 Edisi Keempat oleh Chu-Kia Wang dan Charles G.Salmon.
3. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi cetakan kedua oleh Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa.

Dan mengacu pada peraturan-peraturan berikut :

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002), Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002) dan Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
2. Pedoman Beton Indonesia (PBI 1989), Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971), Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI 1984) dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)
3. PCI design handbook Precast and Prestressed concrete.

#### **2.2 Pembebanan**

Pembebanan pada struktur bangunan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban atau

penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan sangat teliti agar bangunan yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan. Beberapa jenis beban yang ditinjau dalam perencanaan konstruksi bangunan, yaitu :

- Beban Mati : berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.

*(PPIUG 1983 pasal 1.01)*

- Beban Hidup : semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

*(PPIUG 1983 pasal 1.02)*

- Beban Angin : ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Beban angin yang bekerja berupa angin hisap dan angin tekan.

*(PPIUG 1983 pasal 4.2.1)*

- Beban Gempa : beban gempa terdiri dari arah pembebanan gempa dan faktor respon gempa statik.

a. Arah Pembebanan Gempa

- Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh Gempa Rencana harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga memberi pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan sistem struktur gedung secara keseluruhan.

*(SNI 03-1726-2002 pasal 5.8.1)*

- Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan menurut pasal 5.8.1, SNI 03-1726-2002 diatas harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi efektifitasnya hanya 30%.

*(SNI 03-1726-2002 pasal 5.8.2)*

b. Faktor respon Gempa Statik

Faktor respon gempa statik terdiri dari faktor keutamaan ( $I$ ), faktor daktilitas maksimum ( $\mu_m$ ), faktor reduksi gempa maksimum ( $R_m$ ), faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung ( $f$ ), faktor respon spektrum gempa rencana serta jenis-jenis tanah.

- Faktor keutamaan ( $I$ ) untuk berbagai kategori gedung bangunan yang bergantung pada probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung selama umur gedung dan umur gedung tersebut yang diharapkan.

**Tabel 2.1** Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5
Catatan : Untuk semua struktur bangunan gedung yang ijin penggunaannya diterbitkan sebelum berlakunya Standar ini maka Faktor Keutamaan I dapat dikalikan 80%			

(SNI 03-1726-2002, Tabel 1)

$I : I_1 \cdot I_2$

Dimana :

I<sub>1</sub> : Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung.

I<sub>2</sub> : Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian umur gedung.

- Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor ketahanan lebih struktur dan

faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur ditentukan dengan cara rasional

**Tabel 2.2** Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum, faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	$\mu_m$	R <sub>m</sub>	f
Sistem rangka pemikul momen (sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	SRPMK			
	Baja	5,2	8,5	2,8
	Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	SRPMM	3,2	5,5	2,8
	SRPMB			
	Baja	2,7	4,5	2,8
	Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8

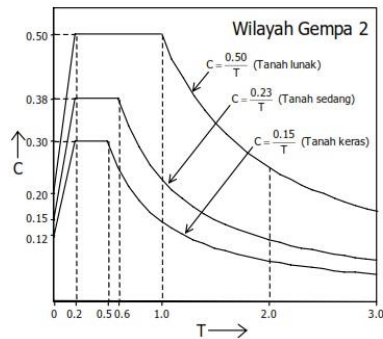
(SNI 03-1726-2002, Tabel 3)

- Faktor respons spectrum gempa rencana

Faktor respons spectrum gempa rencana sesuai **Gambar 2 SNI 03-1726-2002**, dibedakan menurut wilayah gempa dan jenis tanah pada daerah tersebut.



SNI-1726-2002



Gambar 2.1 Faktor respons spektrum gempa rencana

- Beban angin dapat dihitung pada gedung tertutup dan rumah tinggal dengan ketinggian tidak lebih dari 16 m dengan dinding yang memberikan kekakuan yang cukup.

Pedoman desain SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa) adalah sebagai berikut :

Semua komponen struktur SRPMB tidak boleh runtuh oleh geser dengan menjamin kuat geser komponen lebih kuat dari kuat lentur nominalnya dan yang kedua menjamin tiap ujung komponen SRPMB baik balok maupun kolom tersedia cukup pengekangan dengan jarak maksimal tertentu.

Ketentuan umum syarat pendetailan dapat disimpulkan seperti diperlihatkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.3 Ketentuan umum syarat pendetailan

Resiko gempa	Wilayah gempa	Berlaku SNI 03-2847-2002 pasal		
		3 s/d 20 Syarat umum	3 s/d 20 + 23.10 Syarat Moderat	3 s/d 20 + 23.2 s/d 28 Syarat khusus
Rendah	1 & 2	SRPM ; rangka pelat kolom, dan dinding struktur		
Menengah	3 & 4	Dinding geser	Rangka balok, kolom, dan rangka pelat kolom	
Tinggi	5 & 6			Rangka balok kolom ; dinding struktur

Sumber : Perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa, Prof. Ir. Rachmat Purwono, hal. 20

- Jenis-jenis tanah

Jenis-jenis tanah sesuai ***SNI 03-1726-2002 pasal 4.6*** dibagi menjadi 4 yaitu tanah keras, tanah sedang, tanah lunak dan tanah khusus. Pengkategorian tanah dapat dilihat dari kecepatan rambat gelombang geser rata-rata ( $\bar{v}_s$ ) dan nilai hasil tes penetrasi standart rata-rata (N).

Tabel 2.3 Jenis-jenis tanah

Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, $\bar{v}_s$ (m/det)	Nilai hasil Test penetrasi Standar rata-rata $\bar{N}$	Kuat geser niralir rata-rata $\bar{S}_u$ (kPa)
Tanah Keras	$\bar{v}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{v}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{v}_s \leq 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$ , $w_L \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

(SNI 03-1726-2002, Tabel 4)

## 2.3 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder meliputi :

### 2.3.1 Perhitungan Pelat

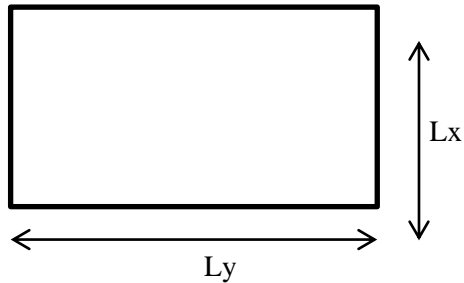
Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja (SNI 03-2847-2002, pasal 11.5.1). Untuk menentukan ketebalan pelat didasarkan dengan 2 sistem :

#### 2.3.1.1 Perencanaan Pelat Satu Arah (One Way Slab)

Pelat satu arah terjadi apabila  $\frac{L_y}{L_x} > 2$

dimana :  $L_x$  : bentang pendek

$L_y$  : bentang panjang



Gambar 2.2 Bentang pelat

Untuk perencanaan tebal minimum pelat satu arah (lendutan tidak dihitung) sesuai *SNI 03-2847-2002 tabel 8*.

Tabel 2.4 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
<b>CATATAN</b> Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ( $w_c = 2\ 400\ \text{kg/m}^3$ ) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:				

Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara **1 500 kg/m<sup>3</sup>** sampai **2 000 kg/m<sup>3</sup>**, nilai tadi harus dikalikan dengan **[1,65 – (0,000 3)w<sub>c</sub>]** tetapi tidak kurang dari **1,09** dimana w<sub>c</sub> adalah berat jenis dalam kg/m<sup>3</sup>.  
 Untuk f<sub>y</sub> selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan **(0,4 + f<sub>y</sub>/700)**.

(SNI 03-2847-2002, Tabel 8)

### 2.3.1.2 Perencanaan Pelat Dua Arah (Two Way Slab)

(SNI 03-2847-2002, pasal 11.5.3)

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya  $\frac{L_y}{L_x} < 2$  maka harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Untuk  $\alpha m \leq 0,2$  harus memenuhi ketentuan tabel 10 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :
  - a. Pelat tanpa penebalan > 120 mm
  - b. Pelat dengan penebalan > 100 mm

(SNI 03-2847-2002, pasal 11.5.3. 3a)

- Untuk  $0,2 < \alpha m < 2,0$ , ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} > 120 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 11.5.3. 3b)

- Untuk  $\alpha m > 2,0$  ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} > 90 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 11.5.3. 3c)

Sedangkan untuk tebal pelat minimum tanpa balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya dengan  $\frac{L_y}{L_x} < 2,0$  maka harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2.5 Tebal minimum pelat tanpa balok Interior

Tegangan leleh $f_y$ <sup>a</sup> MPa	Tanpa penebalan <sup>b</sup>			Dengan penebalan <sup>b</sup>		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>o</sup>		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>o</sup>	
300	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
400	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
500	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$
<sup>a</sup> Untuk tulangan dengan tegangan leleh di antara 300 MPa dan 400 Mpa atau di antara 400 MPa dan 500 MPa, gunakan interpolasi linier. <sup>b</sup> Penebalan panel didefinisikan dalam 15.3(7(1)) dan 15.3(7(2)). <sup>c</sup> Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi luar. Nilai $\alpha$ untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.						

(SNI 03-2847-2002, Tabel 10)

**2.3.1.3 Analisis Struktur Pelat**

Rasio kekakuan balok terhadap plat :

$$\alpha = \frac{E_{cb}I_b}{E_{cp}I_p} > 1,0$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 15.3.6)

Dimana :

 $E_{cb}$  = modulus elastisitas balok beton $E_{cp}$  = modulus elastisitas pelat beton $I_b$  = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok $I_p$  = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat**2.3.1.4 Analisis Gaya Dalam Untuk Komponen Pelat**

Perhitungan momen-momen yang terjadi pada pelat berdasarkan *Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971 (PBBI 1971)* adalah sebagai berikut :

Jika pelat terjepit penuh pada ke-empat sisinya :

$$M_{lx} = +0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ly} = +0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{tx} = -0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

$$M_{ty} = -0,001 \times q \times l_x^2 \times X$$

(dimana harga X bisa dilihat pada **tabel 13.3.1, PBBI 1971**)

### 2.3.1.5 Penulangan Pelat

#### 1) Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit

Pada saat perhitungan umur beton adalah 3 hari, dengan  $f_c' = 0,04625f_c'$

Pembebanan Pelat :

- Berat Pelat Pracetak (qd) =  $0,7m \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$
- Beban Ultimate (qc) =  $1,2 \cdot qd$

#### 2) Perhitungan Tulangan sebelum komposit akibat pengangkatan.

- Q angkat = koef. Kejut . qc
- $B_x = 0,586 \cdot l_x$
- $A_x = 0,207 \cdot l_x$
- $M_x = 0,0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b$
- $M_y = 0,0107 \cdot w \cdot a \cdot b^2$

Berdasarkan PCI design handbook, Bab V hal 8

#### 3) Perhitungan Tulangan Sesudah Komposit

Pada saat perhitungan umur beton adalah 28 hari, dengan  $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

Rasio Penulangan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\rho \text{ maksimum} = 0,75 \rho_b$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)*

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

*(Wang, C. Salmon Jilid 1 hal.55 pers. 3.8.4a)*

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

*(Wang, C. Salmon Jilid 1 hal.55 pers. 3.8.4b)*

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3)*

$$A_s = \rho \times b \times d$$

*(Wang, C. Salmon Jilid 1 hal.57)*

Jika  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$  maka  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\text{Sehingga } \rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$$

4) Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$S_{\text{max}} = 2 \times h$$

*(SNI 03-2847-2002, pasal 15.3.2)*

5) Kontrol Tulangan Susut dan Suhu

Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014.

*(SNI 03-2847-2002, pasal 9.12.2 (1))*

Tabel 2.6 Rasio tulangan susut dan suhu

a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300	0,002 0
b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400	0,001 8



c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	0,001 8 x 400/fy
---	------------------

(SNI 03-2847-2002, pasal 9.12.2 (1))

6) Kontrol Jarak Spasi Tulangan Susut dan Suhu

$$S < 5h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 9.12.2 (2))

7) Kontrol Retak dan lendutan

• Kontrol Retak

$$Fr = 0,7 \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$I = 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$M_{cr} = \frac{fr \cdot I}{Y_t} > M$$

• Kontrol Lendutan

$$E = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I}$$

$$\Delta' = 1/480$$

$$\Delta < \Delta' \text{ (berarti lendutan masih dibatas aman)}$$

8) Penyaluran dan Penyambungan Tulangan

Penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik

- 1) Panjang penyaluran ( $l_d$ ), dinyatakan dalam diameter  $d_b$ . Nilai  $l_d$  tidak boleh kurang dari 300 mm
- 2) Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai  $l_d / d_b$  harus diambil sebagai berikut :

Tabel 2.7 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang $\ell_d$ tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10 \sqrt{f'_c}}$

(SNI 03-2847-2002, Tabel 11)

Penyaluran batang ulir yang berada dalam kondisi tekan

- 1) Panjang penyaluran ( $\ell_d$ ), dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar  $\ell_{db}$ . Nilai  $\ell_d$  tidak boleh kurang dari 200 mm.
- 2) Panjang penyaluran dasar  $\ell_{db}$  harus diambil sebesar  $\frac{db \times fy}{4 \times \sqrt{fc}}$ , tetapi tidak kurang dari  $0,04d_b f_y$

(SNI 03-2847-2002, pasal 14.3)

#### 9) Tulangan Angkat

$$T = \frac{P}{\sin \theta}$$

$$\sigma \text{ tarik ijin} = \frac{fy}{1,5}$$

$$\theta \text{ tulangan angkat} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot Pu}{\sigma \text{ tarik ijin} \cdot \pi}}$$

(PBBI pasal 2.2.2)

### 10) Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

$$\bullet \quad F'r = \frac{0,7 \sqrt{f'cr}}{1,5} \dots\dots \quad (\text{beton berumur 3 hari})$$

$$\bullet \quad F'r = \frac{0,7 \sqrt{f'cr}}{1,5} \dots\dots\dots (\text{beton berumur 28 hari})$$

#### 1. Longitudinal bending

$$W = t \cdot BJ \text{ beton} \cdot 1,2$$

$$Z = 1/6 \cdot a/2 \cdot t^2$$

$$My = 0,0107 \cdot w \cdot a \cdot b^2$$

$$F' = \frac{My}{Z}, f' < f'r \text{ (berarti masih dibatas aman)}$$

#### 2. Transversal Bending

$$W = t \cdot BJ \text{ beton} \cdot 1,2$$

$$Z = 1/6 \cdot b/2 \cdot t^2$$

$$My = 0,0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b$$

$$F' = \frac{My}{Z}, f' < f'r \text{ (berarti masih dibatas aman)}$$

### 11) Kontrol Tumpukan Pelat

Pracetak Dikirim ke lokasi proyek pada saat beton berumur 4 hari, adapun tata cara dalam penumpukan Precast agar tidak terjadi keretakan, sebagai berikut :

1. Landasan dasar untuk penumpukan harus rata
2. Tiap lapis diberi penyangga berupa balok kayu
3. Balok kayu yang digunakan sebagai tumpuan harus sejajar berada dalam satu garis
4. Penumpukan maksimal pracetak harus diperhitungkan terlebih dahulu untuk menghindari keretakan pada saat penumpukan pelat.

## 2.3.2 Perencanaan Tangga

### 2.3.2.1 Perencanaan Dimensi Tangga

Merencanakan dimensi injakan dan tanjakan dengan persyaratan :

$$0,6 \leq (2 t + i) \leq 0,65 \text{ (dalam meter)}$$

Dimana :

$t = \text{tanjakan} \leq 25 \text{ cm}$

$i = \text{injakan } 25 \text{ cm} \leq i \leq 40 \text{ cm}$

maksimal sudut tangga  $40^\circ$

### 2.3.2.2 Pembebanan Tangga

- a. Pembebanan pada anak tangga
  - beban mati (PPIUG 1983 pasal 1.0.1)
  - beban hidup (PPIUG 1983 pasal 1.0.2)
- b. Pembebanan pada bordes
  - beban mati (PPIUG 1983 pasal 1.0.1)
  - beban hidup (PPIUG 1983 pasal 1.0.2)

### 2.3.2.3 Penulangan Struktur Tangga

Penulangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perencanaan plat.

## 2.3.3 Perencanaan Struktur Atap Rangka Baja

Struktur atap menggunakan konstruksi baja dimana perhitungannya meliputi perhitungan gording, penggantung gording, ikatan angin, kuda-kuda, kolom pendek baja dan sambungan. Berikut adalah tabel harga tegangan dasar baja :

Tabel 2.8 Harga Tegangan Dasar Baja

Macam Baja	Tegangan leleh ( $\sigma_l$ )		Tegangan dasar ( $\sigma$ )	
	kg/cm <sup>2</sup>	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	MPa
BJ 34	2100	210	1400	140
BJ 37	2400	249	1600	160
BJ 41	2500	250	1666	166,6
BJ 44	2800	280	1867	186,7
BJ 50	2900	290	1933	193,3
BJ 52	3600	360	2400	240

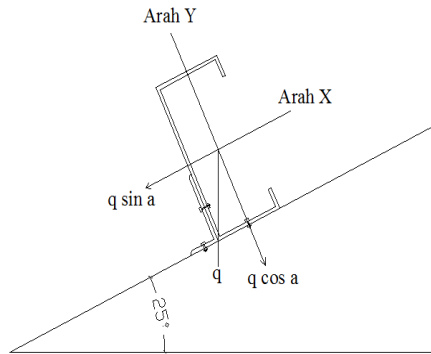
(PPBBI 1984, Bab 2.2.(3))

### 2.3.3.1 Perencanaan Profil Gording

Direncanakan gording menggunakan profil *Light Lip Channels* (LLC).

#### - Penguraian Beban Pada Gording

Untuk pembebanan gording diasumsikan sebagai struktur balok menerus dengan tumpuan pada tiap-tiap kuda-kuda, akibat adanya sudut kemiringan pada atap ( $\alpha$ ) maka beban yang bekerja searah gravitasi bumi harus diuraikan terhadap sumbu X (sumbu sejajar/searah dengan kemiringan atap) dan sumbu Y (sumbu tegak lurus dengan kemiringan atap).



Gambar 2.3 Penguraian Beban pada Gording

Dimana penguraian bebannya adalah sebagai berikut :

$$q_x = q \sin \alpha$$

$$q_y = q \cos \alpha$$

$$P_x = P \sin \alpha$$

$$P_y = P \cos \alpha$$

dengan  $q$  adalah beban merata dan  $P$  adalah beban terpusat. Yang termasuk pembebanan pada atap adalah :

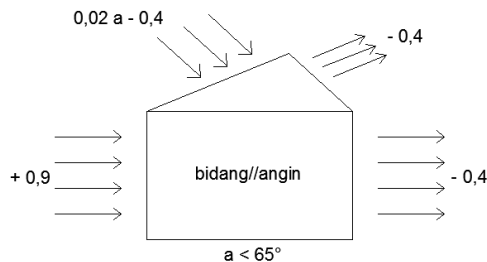
## a) Beban Mati

- berat sendiri profil gording
- berat penutup atap per meter panjang
- berat baut dan alat sambung = 10% (berat gording + penutup atap)

## b) Beban Hidup

Berdasarkan **PPIUG 1983 pasal 3.2.1** beban hidup diambil yang terbesar diantara beban pekerja dan beban hujan. Beban hidup berupa orang dapat diambil beban terpusat  $P = 100 \text{ kg}$  atau beban air hujan menurut **PPIUG 1983 pasal 3.2.2**, beban terbagi rata per  $\text{m}^2$  bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar  $(40-0,8\alpha) \text{ kg/m}^2$  dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari  $20 \text{ kg/m}^2$  dan tidak perlu ditinjau bila  $\alpha > 50^\circ$ .

## c) Beban Angin



Gambar 2.4 Beban Angin

Beban angin yang bekerja pada struktur ini berupa angin hisap dan angin tekan (**PPIUG 1983 pasal 4.2.1**).

- Tekanan angin diketahui  $= 25 \text{ kg/m}^2$
- Koefisien angin tekan ( $c_1$ ) =  $0,02 (\alpha) - 0,4$
- Koefisien angin hisap ( $c_2$ ) =  $-0,4$

- Kombinasi Momen

- a. Beban tetap = beban mati + beban hidup
- b. Beban sementara = beban tetap + beban angin

- Cek Kelangsingan Penampang

Berdasarkan **SNI 03-1729-2002** :

$$\lambda_r = \frac{b}{2.t_f} \rightarrow \text{untuk sayap}$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \rightarrow \text{untuk badan}$$

Berdasarkan **SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1**, syarat penampang kompak tidak boleh melebihi :

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{untuk sayap}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{untuk badan}$$

Cek persyaratan :

$$\lambda_r < \lambda_p$$

$$\lambda_w < \lambda_p$$

- Cek Kekuatan Penampang

Tahanan nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak berdasarkan **SNI 03-1729-2002 pasal 8.2.3** adalah :

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y$$

dimana :

$M_n = M_p$  = tahanan momen plastis

$Z$  = modulus plastis

$f_y$  = kuat leleh

Berdasarkan **SNI 03-1729-2002 pasal 8.1** tahanan balok lentur harus memenuhi persyaratan :

$$\phi_b \cdot M_n > M_u$$

- Kontrol Lendutan

Batas lendutan maksimum menurut **SNI 03-1729-2002 pasal 6.4.3 tabel 6.4-1** adalah sebagai berikut :

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{240}$$

- Arah X

$$\Delta_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{Dx}(L_x)^4}{E.I_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_x(L_x)^3}{E.I_y}$$

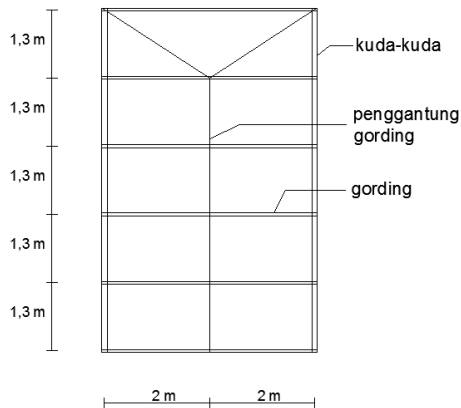
- Arah Y

$$\Delta_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{Dy}(L_y)^4}{E.I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y(L_y)^3}{E.I_x}$$

$$\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \leq \Delta_{ijin}$$

### 2.3.3.2 Penggantung Gording

Perencanaan dimensi penggantung gording adalah sebagai berikut :



Gambar 2.5 Penggantung Gording

- Berat yang dipikul tiap gording (w)

$$w = q + P$$

- Keseimbangan gaya vertikal (N)

$$N = w \cdot n$$

dengan n adalah jumlah gording yang dipikul



- Gaya yang disalurkan ke kuda-kuda (T)

$$T = N/\sin\theta$$

- Luas penggantung gording (A)

$$A = T/\sigma_{\text{dasar}}$$

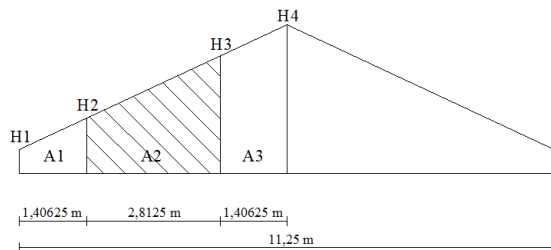
- Diameter penggantung gording (d)

$$d = \sqrt{\frac{A}{\frac{1}{4} \times \pi}}$$

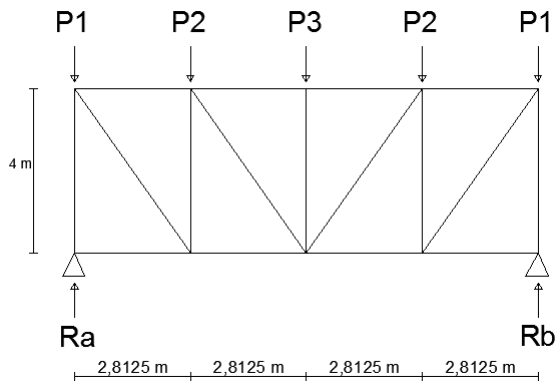
- Kontrol diameter penggantung gording

$$d_{\text{pakai}} \geq d_{\text{min}} = \frac{L}{500}$$

### 2.3.3.3 Ikatan Angin



Gambar 2.6 Bidang Kerja Ikatan Angin



Gambar 2.7 Gaya-Gaya Pada Ikatan Angin

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja :

$q$  = tekanan angin  $25 \text{ kg/m}^2$

(PPIUG 1983 pasal 4.2.(1))

$c$  = koefisien angin 0,4

(PPIUG 1983 tabel 4.1)

- Perhitungan Pembebanan

$$A = \frac{a+b}{2} \cdot t$$

$$P = A \cdot q \cdot c$$

- Perhitungan Dimensi Ikatan Angin

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$d_{\text{rencana}} = \sqrt{\frac{A}{\frac{1}{4}\pi}} > d_{\text{min}} = \frac{L}{500}$$

#### 2.3.3.4 Kuda-Kuda

Gaya dalam pada kuda-kuda didapat dari hasil analisa SAP 2000. Perhitungan kuda-kuda meliputi :

- Kontrol Kelangsingan

Sayap (Flens) :

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} < \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

dimana :

$b$  = lebar profil yang digunakan

$t_f$  = tebal sayap profil

Badan (Web) :

$$\frac{h}{t_w} < \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

dimana :

$h$  = tinggi bersih profil

$t_w$  = tinggi badan profil

$$\lambda = \frac{L_k}{i_x} \rightarrow L_k = k_c \cdot L$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3.3)

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.1)

Sehingga didapatkan koefisien faktor tekuk :

$$\omega = 1 \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 0,25$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} \quad \text{untuk } 0,25 < \lambda_c < 1,2$$

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2 \quad \text{untuk } \lambda_c \geq 1,2$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 7.6.2)

- Momen Nominal Kuda-Kuda akibat Tekuk Lokal

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y$$

dimana :

$$Z_x = b \cdot t_f \cdot (d - t_f) + \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (d - 2 \cdot t_f)^2$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot f_y$$

dimana :

$$Z_y = \frac{1}{2} \cdot t_f \cdot b^2 + \frac{1}{4} (d - 2 \cdot t_f) t_w^2$$

- Kontrol Kuat Tekan

$$P_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3.4)

$$P_u < \phi P_n$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3.4.(5))

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2 \quad \text{maka} \quad \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2 \quad \text{maka} \quad \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 11.3)

- Kontrol Lateral Buckling

L = panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan

$$L_p = 1,76 \sqrt{\frac{I_y}{A}} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 8.3-2)

$$L_r = r_y \cdot \left( \frac{X_1}{f_l} \right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot f_l^2}}$$

dimana :

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 8.3-2)

$$X_1 = \frac{\pi}{s} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 8.3-2)

$$X_2 = 4 \cdot \left( \frac{S}{G \cdot J} \cdot \frac{I_w}{I_y} \right)$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 8.3-2)

G = modulus geser baja =  $8 \cdot 10^4$  MPa

J = konstanta puntir torsi =  $\frac{1}{3} \times b \times t w^3 + \frac{1}{3} \times b f \times t f^3$

I<sub>w</sub> = konstanta puntir lengkung =  $\frac{I_y \cdot h^2}{4}$

E =  $2 \cdot 10^5$  Mpa

bentang pendek :

$$L \leq L_p$$

maka,  $M_n = M_p$

(SNI 03-1729-2002 pasal 8.3.3)

bentang menengah :

$$L_p < L < L_r$$

maka,  $M_n = C_b \cdot \{M_r +$

$$(M_p - M_r) \cdot \frac{(L_r - L)}{(L_r - L)} \} \leq M_p$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 8.3.4)

bentang panjang :

$$L_r \leq L$$

maka,  $M_n \leq M_p$

(SNI 03-1729-2002 pasal 8.3.4)

- Kontrol Geser

$$\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$V_n = 0,6 \cdot fy \cdot A_w$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 8.8.3)

$$V_u < \phi V_n$$

- Kontrol Lendutan

$$\Delta L^\circ < \overline{\Delta L}$$

dimana :

$\Delta L^\circ$  = didapat dari output SAP

$$\overline{\Delta L} = \frac{L}{240}$$

### 2.3.3.5 Kolom Pendek Baja

Gaya dalam pada kolom pendek baja didapat dari hasil analisa SAP 2000. Perhitungan kolom pendek baja meliputi :

- Kontrol Kelangsingan

Sayap (Flens) :

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} < \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

dimana :

b = lebar profil yang digunakan

t<sub>f</sub> = tebal sayap profil

Badan (Web) :

$$\frac{h}{tw} < \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

dimana :

$h$  = tinggi bersih profil

$t_w$  = tinggi badan profil

$$\lambda = \frac{L_k}{i_x} \rightarrow L_k = k_c \cdot L$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3.3)

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 7.6.1)

Sehingga didapatkan koefisien faktor tekuk :

$$\omega = 1 \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 0,25$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} \quad \text{untuk } 0,25 < \lambda_c < 1,2$$

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2 \quad \text{untuk } \lambda_c \geq 1,2$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 7.6.2)

#### - Momen Nominal Kolom Pendek akibat Tekuk Lokal

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y$$

dimana :

$$Z_x = b \cdot t_f \cdot (d - t_f) + \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (d - 2 \cdot t_f)^2$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot f_y$$

dimana :

$$Z_y = \frac{1}{2} \cdot t_f \cdot b^2 + \frac{1}{4} (d - 2 \cdot t_f) t_w^2$$

#### - Kontrol Kuat Tekan

$$P_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega}$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3.4)

$$P_u < \phi P_n$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3.4.(5))

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2 \quad \text{maka} \quad \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2 \quad \text{maka} \quad \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 11.3)*

### 2.3.3.6 Pelat Landas

Gaya dalam pada pelat landas didapat dari hasil analisa SAP 2000. Perhitungan pelat landas meliputi:

#### - Perencanaan Dimensi Pelat Landas

##### Menghitung tegangan

$$\Sigma < \sigma_{\text{beton}}$$

$$\frac{P_u}{p \times l} < 0,85 \cdot f_c'$$

$$e = \frac{M}{P}$$

$$A = p \cdot l$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot p \cdot l^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

##### Menentukan tebal pelat landas

$$a = \frac{l-h}{2}$$

$$M_{\text{pelat}} = \frac{1}{2} \cdot \sigma \cdot a \cdot l$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{M_{\text{pelat}}}{W} = \frac{6 \cdot M_{\text{pelat}}}{l \cdot t^2}$$

#### - Perencanaan Angker

$$P_u = \frac{M+P \cdot r}{c}$$

##### Jumlah baut yang dibutuhkan :

1. Ditinjau dari tahanan leleh

$$P_u = A_g \cdot f_y \cdot \phi$$

2. Ditinjau dari tahanan putus

$$P_u = 0,75 \cdot A_g \cdot f_u \cdot \phi$$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

Panjang penyaluran anker

$$\text{Keliling Penampang } L (\pi \cdot d^2 \cdot L) = 0,8fc'$$

Menghitung sambungan las

1. Tahanan terhadap bahan dasar las

$$\Phi R_n = 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_{uw}$$

2. Tahanan terhadap bahan dasar baja

$$\Phi R_n = 0,75 \cdot t \cdot 0,6 \cdot f_u$$

### 2.3.3.7 Sambungan

Sambungan pada kuda-kuda terdiri dari sambungan baut dan sambungan las.

#### 1. Sambungan Las

Tebal las minimum yang digunakan mengacu pada *SNI 03-1729-2002 tabel 13.5-1* dan *SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.3*.

Tahanan terhadap Bahan Dasar Las

$$\Phi R_n = 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_{uw}$$

(*SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10*)

Tahanan terhadap Bahan Dasar Baja

$$\Phi R_n = 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_u$$

(*SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10*)

- Geser Sentris

$$P_u = \frac{P_u H}{L_{total}}$$

$$P_u \leq \Phi R_n$$

- Geser Lentur

$$R_n = \frac{M_u}{S}$$

$$R_n \leq \Phi R_n$$



## 2. Sambungan Baut

Sambungan baut mengacu pada *SNI 03-1729-2002*.

Tahanan terhadap Geser Baut

$$\phi R_n = \phi \cdot m \cdot r \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

Tahanan terhadap Tumpuan Baut

$$\phi R_n = 2,4 \cdot \phi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

Tahanan terhadap Tarik Baut

$$\phi R_n = \phi \cdot 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b$$

- Geser Sentris

$$P_u = \frac{PuV}{n}$$

$$P_u \leq \phi R_n$$

- Geser Lentur

$$R_u = \sqrt{R_m x^2 + (R_v + R_m y)^2}$$

$$R_u \leq \phi R_n$$

- Tinjauan Pelat

Kondisi Leleh

$$\phi T_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y$$

Kondisi Fraktur 1

U = faktor reduksi = 0,75

(*SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4*)

$$A_n = A_g - N \cdot d \cdot t$$

(*SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1*)

$$A_e = U \cdot A_n$$

(*SNI 03-1729-2002 pasal 10.2*)

$$\phi T_n = \phi \cdot A_e \cdot f_u$$

(*SNI 03-1729-2002 pasal 10.1*)

Kondisi Fraktur 1

$U = \text{faktor reduksi} = 0,75$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.4)*

$$A_n = A_g - n \cdot d \cdot t + \sum \frac{s^2 \cdot t_p}{4 \cdot u}$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1)*

$$A_e = U \cdot A_n$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 10.2)*

$$\Phi T_n = \phi \cdot A_e \cdot f_u$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)*

$$P_u V \leq \Phi T_n$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)*

## 2.4 Perencanaan Struktur Primer

### 2.4.1 Balok

**2.4.1.1** Lebar pelat efektif sebagai bagian dari sayap balok-T tidak boleh melebihi  $\frac{1}{4}$  bentang balok dan lebar efektif sayap dari masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi :

- $8 \times h_f$
- $\frac{1}{2}$  bentang bersih antara balok-balok yang bersebelahan

*(SNI 03-2847-2002, pasal 10.10.2)*

**2.4.1.2** Untuk balok yang mempunyai pelat hanya pada satu sisi, lebar efektif sayap dari sisi badan tidak boleh lebih dari :

- $\frac{1}{12}$  bentang balok
- $6 \times h_f$
- $\frac{1}{2}$  bentang bersih antara balok-balok yang bersebelahan

*(SNI 03-2847-2002, pasal 10.10.3)*

**2.4.1.3** Syarat pelindung beton

Tabel 2.9 Pelindung beton untuk tulangan

	Tebal selimut minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56..... Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil.....	50  40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah: <u>Pelat, dinding, pelat berusuk :</u> Batang D-44 dan D-56..... Batang D-36 dan yang lebih kecil..... <u>Balok, kolom :</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral..... <u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u> Batang D-19 dan yang lebih besar..... Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil.....	  40  20  40  20  15

(SNI 03-2847-2002, pasal 9.7.1)

#### 2.4.1.4 Persyaratan spasi tulangan

- a. Jarak bersih antar tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm

(SNI 03-2847-2002, pasal 9.6.1)

- b. Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:

- $1/5$  jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan
- $1/3$  ketebalan pelat lantai
- $3/4$  jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundle tulangan atau tendon-tendon prategang atau selongsong-selongsong.

(SNI 03-2847-2002, pasal 5.3.2)

- c. Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atau harus diletakkan tepat diatas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25mm.

(SNI 03-2847-2002, pasal 9.6.2)

- d. Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 1,5 db ataupun 40 mm.

(SNI 03-2847-2002, pasal 9.6.3)

#### 2.4.1.5 Perhitungan momen dan gaya dalam pada balok

- a. Suatu balok dianggap terjepit elastic pada suatu tumpuan, apabila balok tersebut pada tumpuan tersebut merupakan suatu kesatuan monolit dengan balok lain, dinding, atau kolom beton bertulang, yang dapat dianggap dapat memberikan perlawanan terhadap perubahan bentuk balok di tumpuan itu.

(PBBI 1971 N.1-2 pasal 13.2.1)

- b. Momen-momen balok akibat beban terbagi rata  $q$  per-satuan panjang balok, ditetapkan sebagai berikut :

Momen = koefisien  $\times ql^2$

Gaya lintang = koefisien  $\times ql^2$

(PBBI 1971 N.1-2 pasal 13.2.3)

#### **2.4.1.6** Perhitungan penulangan lentur dan torsi pada balok

- a. Perencanaan kuat lentur perlu

$$Mu,b = 1,2 M_{D,b} + 1,6 M_{D,b}$$

$$= 1,2 M_{D,b} + 1,0 M_{D,b} \pm 1,0$$

$M_{RS,b}$  dan seterusnya

$$\Phi M_{n,b} \geq Mu,b$$

- b. Perencanaan penulangan lentur dan torsi pada balok

Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari  $1/3$  kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang disepanjang bentang tidak boleh kurang dari  $1/15$  kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka-muka kolom di kedua ujung komponen struktur tersebut.

(SNI 03-2847-2002, pasal 23.10.4.(1))

Pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sebanyak jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakkan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih dari pada 50 mm dari

muka perletakkan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi

- $d/4$
- $8 \times \emptyset$  tulangan longitudinal terkecil (tulangan arah memanjang)
- $24 \times$  diameter sengkang
- $300 \text{ mm}$

(SNI 03-2847-2002, pasal 23.10.4.(2))

Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi  $d/2$

(SNI 03-2847-2002, pasal 23.10.4.(3))

Langkah perhitungan :

- 1) Tentukan nilai momen tumpuan dan lapangan pada balok (hasil didapat dari output SAP 2000 versi 14)

- 2) Rencanakan  $f_y$ ,  $f_c'$ ,  $d$ ,  $d'$ ,  $d''$

$$3) M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 10.4.3)

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.3.3)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$X_{\text{coba-coba}}$  dimana  $x < 0,75 \times b$

$$d = bw - \text{decking} - \emptyset_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$$

$$d' = \text{decking} + \emptyset_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$$

$$Cc = T1 = 0,85 \times \beta_1 \times f_c' \times b \times X$$

$$Asc = \frac{T1}{f_y}$$

$$Mns = Mn - Mnc = \frac{Mu}{\emptyset} - Mnc$$

4) Periksa kebutuhan tulangan tekan, jika :

a.  $(Mn - Mnc) > 0$  : perlu tulangan rangkap

$$Cs = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d''}$$

$$Fs' = \left( \frac{x - d''}{x} \right) \times 600$$

Jika  $fs' > f_y$ , maka tulangan tekan leleh.  $Fs' = f_y$

Jika  $fs' < f_y$ , maka tulangan tekan tidak leleh.

Maka :

$$As' = \frac{Cs}{fs' - 0,85 f_c'}$$

$$Ass = \frac{T2}{f_y}$$

- tulangan perlu :

$$As = Asc + Ass$$

$$As = As'$$

- kontrol jarak spasi tulangan

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{tul.senggang}}) - (n \times \emptyset_{\text{tul.utama}})}{n - 1}$$

- kontrol kekuatan

$$Mn \geq \frac{Mu}{\emptyset}$$

b.  $(Mn - Mnc) < 0$ , tidak perlu tulangan rangkap

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right]$$

Jika  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$  maka  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

Sehingga  $\rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}}$

$$As = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

#### 2.4.1.7 Perhitungan penulangan geser dan torsi pada balok

a. Tentukan  $V_u$  dan  $T_u$  dari analisa struktur

Gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa,  $E$ , dimana nilai  $E$  diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa.

$$V_u = \frac{Mn \text{ kiri} + Mn \text{ kanan}}{Ln} \times \frac{Wu}{2}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 23.10.3.(2))

b.  $\sqrt{fc'} \leq \frac{25}{3} \text{ MPa}$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.1.2)

c. Kuat geser beton yang dibebani oleh geser dan lentur  $\Phi V_u \geq V_n$

$$V_n = V_c + V_s$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.1.1)

$$V_c = 1/6 \sqrt{fc'} \times b_w \times d$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.1.1)

$$V_s \text{ min} = 1/3 \times b_w \times d$$

$$V_s \text{ max} = \phi \sqrt{fc'} \times 1/3 \times b_w \times d$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.5.4.(3))

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.5.6.(2))

$$A_v \text{ min} = \frac{b \times w}{3 f_y}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.5.5.(3))



## d. Cek kondisi

1.  $V_u \leq 0,5 \times \phi \times V_c$  (tidak perlu tulangan geser)
2.  $0,5 \times V_c \leq V_u \leq \phi \times V_c$  (perlu tulangan geser minimum)  
( $V_s \text{ perlu} = V_s \text{ min}$ )
3.  $\phi \times V_c < V_u \leq (\phi \times V_c + \phi \times V_s \text{ min})$   
(perlu tulangan geser minimum)  
( $V_s \text{ perlu} = V_s \text{ min}$ )
4.  $(\phi \times V_c + \phi \times V_s \text{ min}) < V_u \leq (\phi \times V_c + \phi \times V_s \text{ max})$   
(perlu tulangan geser minimum)  
( $\phi \times V_s \text{ perlu} = V_u - \phi \times V_c$ )
5.  $(\phi \times V_c + \phi \times V_s \text{ max}) < V_u \leq (\phi \times V_c + 2 \phi \times V_s \text{ max})$   
( $\phi \times V_s \text{ perlu} = V_u - \phi \times V_c$ )

## e. Kuat punter beton

Pengaruh punter pada struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen punter terfaktor  $T_u$  besarnya kurang dari :

$$T_u = \frac{\phi \sqrt{f_c'} (A_c p^2)}{12 (P_c p)}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.6.1.a)

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan punter adalah :

$$\phi T_n \geq T_u$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.6.3.5)

Sedangkan tulangan sengkang yang dibutuhkan untuk menahan puntir adalah sebagai berikut :

$$T_n = \frac{2 A_o A_t F_y v}{s} \cot \theta$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.6.3.6)

#### 2.4.1.8 Penyaluran dan penyambungan tulangan

Penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik

- 1) Panjang penyaluran ( $l_d$ ), dinyatakan dalam diameter  $d_b$ . Nilai  $l_d$  tidak boleh kurang dari 300 mm
- 2) Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai  $l_d$  /  $d_b$  harus diambil sebagai berikut :

Tabel 2.10 Panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang $l_d$ tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan  atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10 \sqrt{f'_c}}$

(SNI 03-2847-2002, Tabel 11)

Penyaluran batang ulir yang berada dalam kondisi tekan

- 3) Panjang penyaluran ( $l_d$ ), dalam mm, untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan panjang penyaluran dasar  $l_{db}$ . Nilai  $l_d$  tidak boleh kurang dari 200 mm.

- 4) Panjang penyaluran dasar  $l_{db}$  harus diambil sebesar  $\frac{db \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c}}$ , tetapi tidak kurang dari  $0,04d_b f_y$   
(SNI 03-2847-2002, pasal 14.3)

## 2.4.2 Kolom

### 2.4.2.1 Perencanaan dimensi kolom

$$\frac{l_{kolom}}{l_{kolom}} > \frac{l_{balok}}{l_{balok}}$$

Dimana :  $I_{kolom}$  : inersia kolom ( $1/12 \times b \times h^3$ )

$l_{kolom}$  : tinggi bersih kolom

$I_{balok}$  : inersia balok ( $1/12 \times b \times h^3$ )

$l_{balok}$  : tinggi bersih balok

### 2.4.2.2 Penulangan kolom

$$\Psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{\lambda} \right)_{kolom}}{\sum \left( \frac{EI}{\lambda} \right)_{balok}}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.11.6)

$$EI = \frac{(0,2 E_c I_g) + (E_c I_g)}{1 + \beta d}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.12.3)

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta d}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.12.3)

$$P_c = \frac{\pi^2 E I_{kolom}}{(klu)^2}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.12.3)

$$\frac{klu}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right)$$

Untuk rangka portal tak bergoyang

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.12.2)

$$\frac{klu}{r} \leq 22$$

Untuk rangka portal bergoyang

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.13.2)

Apabila  $\frac{klu}{r} \leq 100$ , maka diperlukan perhitungan momen orde dua

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.11.5)

Pembesaran momen

- Untuk rangka portal tak bergoyang

$$M_c = \delta_{ns} \times M_2$$

dengan,

$$\delta_{ns} = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{0,75 \times Pc}} \geq 1$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.12.3)

- Untuk rangka portal bergoyang

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.13.3)

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 12.12.3)

#### 2.4.2.3 Perhitungan penulangan lentur

Hitung :

- Tentukan harga  $\beta$

- Nilai  $M_{ox}$  dan  $M_{oy}$

$$-\frac{pu}{Ag} \text{ dan } \frac{\phi M_{ox}}{Ag \times h}$$

-  $\rho_{perlu}$  didapat dari diagram interaksi

$$- A_s = \rho_{perlu} \times b \times h$$

#### 2.4.2.4 Cek kemampuan kolom

- Hitung  $M_{ox}$  dan  $M_{oy}$  baru

- Cari  $\beta$  dengan tabel hubungan interaksi lentur biaksial

$$\left(\frac{Mny}{Moy}\right)^a + \left(\frac{Mnx}{Mox}\right)^a \leq 1$$

$$- M^o \geq \frac{Mu}{\phi}$$

#### 2.4.2.5 Perhitungan penulangan geser

$$V_u = \frac{Mnt + Mnb}{hn}$$

Gaya geser yang disumbangkan beton akibat gaya tekan aksial

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g}\right) \left(\frac{1}{6} + \sqrt{f'c'}\right) b_w \times d$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.3.1.2)

Untuk daerah lapangan nilai  $V_c$  diambil setengah dari nilai tumpuan

$$V_u = \frac{Mnt + Mnb}{hn} + V_{1,2 DL + 1 LL}$$

Untuk komponen struktur yang dibebani tekan aksial, maka kuat geser ( $V_c$ ) harus dihitung menggunakan rumus :

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g}\right) \left(\frac{\sqrt{f'c'}}{6}\right) b_w d$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 13.3.1.(2))

#### 2.4.2.6 Jarak spasi tulangan pada kolom

- 1) Spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang  $l_0$  dari muka hubungan balok-kolom adalah  $s_0$ . Spasi  $s_0$  tersebut tidak boleh melebihi :

- a) Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,
- b) 24 kali diameter sengkang ikat,
- c) Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur, dan
- d) 300 mm

Panjang  $l_0$  tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:

- a) Seperenam tinggi bersih kolom,
- b) Dimensi terbesar penampang kolom, dan

- c) 500 mm.
- 2) Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada **0,5 s<sub>o</sub>** dari muka hubungan balok-kolom.
- 3) Tulangan hubungan balok-kolom harus memenuhi
- 4) Spasi sengkang ikat pada sebarang penampang kolom tidak boleh melebihi **2 s<sub>o</sub>**.

(SNI 03-2847-2002, pasal 23.10)

## 2.5 Perencanaan Struktur Bawah

Struktur bawah meliputi perhitungan tiang pancang dan poer.

### 2.5.1 Perhitungan Tiang Pancang

Pondasi merupakan bangunan perantara untuk meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya. Untuk merencanakan pondasi harus memperhatikan jenis dan struktur tanah. Karena sangat berkaitan dengan daya dukung tanah tersebut dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Penyelidikan atas tanah tersebut sangatlah perlu dilakukan agar didapatkan pondasi yang aman.

#### 1. Perhitungan daya dukung tanah

##### a. Kekuatan bahan

$$P_{t_{ijin}} = f_{et} \cdot A_{tp}$$

##### b. Kekuatan tanah

$$P_{ijin} = \frac{A \text{ tiang} \times Cn}{SF1} + \frac{\text{keliling tiang} \times JHP}{SF2}$$

dimana :

A tiang : luas tiang pancang

Cn : nilai conus

JHP : jumlah hambatan pelekak

SF1 : 2-3

SF2 : 5

## 2. Perencanaan tiang pancang kelompok

-Perhitungan jarak tiang pancang :

$$1,5 D \leq S \leq 3D$$

-Perhitungan jarak tepi tiang pancang :

$$D \leq S1 \leq 1,5D$$

Dimana :

S : jarak antar tiang pancang

S1 : jarak tepi tiang pancang

D : diameter tiang pancang

3) Efisiensi ( $\eta$ )

Berdasarkan buku *Analisa dan desain pondasi jilid 2 oleh Joseph E. Bowles, penerbit Erlangga tahun 1999, Jakarta* :

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

dimana :

m : banyaknya kolom

n : banyaknya baris

s : jarak antar tiang pancang

 $\theta$  :  $\arctan \frac{D}{s}$ 

D : dimensi tiang pancang

## 4) Pile Group

Berdasarkan buku *Analisa dan desain pondasi jilid 2 oleh Joseph E. Bowles, penerbit Erlangga tahun 1999, Jakarta* :

$$P_{\text{group tiang}} = (\eta) \times P_{\text{ijin}}$$

Gaya yang dipikul tiang

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{\sum M_y \cdot X_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{\sum M_x \cdot Y_{max}}{\sum y^2} \leq P_{\text{ijin}}$$

Kontrol tiang pancang :

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma y^2} \leq P_{group}$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot X_{max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot Y_{max}}{\Sigma y^2} \leq P_{ijin}$$

## 2.5.2 Perhitungan Pile Cap (Poer)

### 2.5.2.1 Penulangan lentur pada poer

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\rho \text{ maksimum} = 0,75 \rho_b$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

(Wang, C. Salmon hal 55 pers. 3.8.4a)

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

(Wang, C. Salmon hal 55 pers. 3.8.4b)

- Rasio tulangan yang dibutuhkan menggunakan rumus :

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right]$$

(Wang, C. Salmon hal 55 pers. 3.8.5)

- Menentukan luas tulangan dengan rumus :

$$A_s = \rho_{perlu} \times b \times d$$

(Wang, C. Salmon hal 57)

- Kontrol jarak antar tulangan :

$$S \leq 2h$$



(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2)

### 2.5.2.2 Penulangan geser pada poer

- Kuat geser nominal

Untuk perencanaan poer, nilai  $V_c$  harus diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut :

$$- V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o d}{6}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1.(a))

$$- V_c = \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} b_o d}{12}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1.(b))

$$- V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} b_o d$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1.(c))

- Cek kondisi persyaratan geser.

1.  $V_u \leq 0,5 \times \varphi \times V_c$  (tidak perlu tulangan geser)

(Wang, C.Salmon Jilid 1 hal.140 pers. 5.10.8)

2.  $0,5 \times V_c \leq V_u \leq \varphi \times V_c$  (perlu tulangan geser minimum)

( $V_s$  perlu =  $V_s$  min)

(Wang, C.Salmon Jilid 1 hal.140 pers. 5.10.9)

3.  $\varphi \times V_c < V_u \leq (\varphi \times V_c + \varphi \times V_s \text{ min})$

(perlu tulangan geser minimum)

( $V_s$  perlu =  $V_s$  min)

(Wang, C.Salmon Jilid 1 hal.140 pers. 5.10.12)

4.  $(\varphi \times V_c + \varphi \times V_s \text{ min}) < V_u \leq (\varphi \times V_c + \varphi \times V_s \text{ max})$

(perlu tulangan geser minimum)

( $\varphi \times V_s$  perlu =  $V_u - \varphi \times V_c$ )

(Wang, C.Salmon Jilid 1 hal.140 pers.5.10.13)

$$5. (\varphi \times V_c + \varphi \times V_s \max) < V_u \leq (\varphi \times V_c + 2 \varphi \times V_s \max)$$

$$(\varphi \times V_s \text{ perlu} = V_u - \varphi \times V_c)$$

*(Wang, C.Salmon Jilid 1 hal.141 pers.5.10.17)*

## **2.6 Perencanaan Metode Pracetak**

### **2.6.1 Perencanaan Komponen struktur**

- 1) Pada pelat atap dan lantai pracetak satu arah dan pada dinding panel pracetak prategang satu arah, yang tidak lebih lebar dari pada 4m, dan dimana komponen-komponen tidak disambung secara mekanis untuk mengekang deformasi arah transversal, persyaratan tulangan susut dan temperatur pada 9.12 dalam arah tegak lurus tulangan lentur dapat diabaikan. Pengabaian ini tidak berlaku untuk komponen struktur yang membutuhkan tulangan untuk menahan tegangan lentur transversal.
- 2) Untuk dinding pracetak non-prategang, tulangan harus direncanakan berdasarkan pada persyaratan pasal 12 atau 16 kecuali bahwa luas masing-masing tulangan horizontal dan vertikal tidak boleh kurang dari 0,001 kali luas penampang bruto panel dinding. Jarak tulangan tidak boleh melebihi 5 kali tebal dinding ataupun 750 mm untuk dinding dalam atau 450 mm untuk dinding luar.

### **2.6.2 Integritas struktural**

- 1) Kecuali apabila ketentuan pada 18.5 (2) berlaku, maka ketentuan minimum berikut ini untuk integritas struktural harus diberlakukan pada semua struktur beton pracetak:

- (1) Tulangan pengikat longitudinal dan transversal yang dibutuhkan berdasarkan 9.13 (3) harus menghubungkan komponen-komponen struktur sedemikian hingga terbentuk sistem penahan beban lateral.
- (2) Apabila elemen pracetak membentuk diafragma atap atau lantai, maka sambungan antara diafragma dan komponen-komponen struktur yang ditopang secara lateral oleh diafragma tersebut harus mempunyai kekuatan tarik nominal yang mampu menahan sedikitnya 4,5 kN/m.
- (3) Persyaratan tulangan pengikat vertikal pada 9.13 (3) berlaku pada semua komponen struktur vertikal kecuali komponen tempelan, dan harus dicapai dengan menggunakan sambungan di *joint* horizontal berdasarkan padahal –hal berikut:
  - a) Kolom pracetak harus mempunyai kekuatan nominal tarik minimum sebesar  $1,5A_g$  dalam kN. Untuk kolom dengan penampang yang lebih besar dari pada yang diperlukan berdasarkan tinjauan pembebanan, luas efektif tereduksi  $A_g'$  yang didasarkan pada penampang yang diperlukan tetapi tidak kurang dari pada setengah luas total, boleh digunakan.
  - b) Panel dinding pracetak harus mempunyai sedikitnya dua tulangan pengikat perpanel, dengan kuat tarik nominal tidak kurang dari 45 kN pertulangan pengikat.

- c) Apabila gaya-gaya rencana tidak menimbulkan tarik didasar struktur, maka tulangan pengikat yang diperlukan berdasarkan 18.5 (1(3b)) boleh diangkur kedalam fondasi pelat lantai beton bertulang.
- (4) Detail sambungan yang berdasarkan hanya pada friksi yang ditimbulkan oleh beban gravitasi tidak dapat digunakan.
- 2) Untuk struktur dinding penumpu pracetak yang tingginya tiga tingkat atau lebih, ketentuan minimum berikut berlaku :
- (1) Tulangan pengikat longitudinal dan transversal harus dipasang pada sistem lantai dan atap sedemikian hingga menghasilkan kekuatan nominal 20 kN per meter lebar atau panjang. Tulangan pengikat harus dipasang diatas tumpuan dinding dalam dan diantara komponen-komponen struktur dan dinding-dinding luar. Tulangan pengikat harus diletakkan pada atau didalam jarak 0,6 m dari bidang sistem lantai atau atap.
  - (2) Tulangan pengikat longitudinal yang sejajar dengan bentang pelat lantai atau atap harus dipasang dengan spasi sumbu-ke-sumbu yang tidak melebihi 3,0 m. Pengaturan harus dilakukan untuk menyalurkan gaya-gaya disekitar lubang/bukaan.
  - (3) Tulangan pengikat transversal yang tegak lurus bentang pelat lantai atau atap harus dipasang dengan spasi yang tidak lebih besar dari pada spasi dinding penumpu.

- (4) Tulangan pengikat disekeliling perimeter setiap lantai dan atap, didalam rentang jarak 1,2 m dari tepi, harus memberikan kekuatan tarik nominal sedikitnya 70 kN.
- (5) Tulangan pengikat tarik vertikal harus dipasang disemua dinding dan harus menerus di seluruh tinggi bangunan. Tulangan-tulangan tersebut harus memberikan kekuatan tarik nominal yang tidak kurang dari 40 kN per meter horizontal dinding. Sedikitnya dua tulangan pengikat harus dipasang pada setiap panel pracetak.

### 2.6.3 Perencanaan sambungan dan tumpuan

- 1) Gaya-gaya boleh disalurkan antara komponen-komponen struktur dengan menggunakan sambungan *grouting*, kunci geser, sambungan mekanis, sambungan baja tulangan, pelapisan dengan beton bertulang cor setempat, atau kombinasi dari cara-cara tersebut.
  - (1) Kemampuan sambungan untuk menyalurkan gaya-gaya antara komponen-komponen struktur harus ditentukan dengan analisis atau dengan pengujian. Apabila geser merupakan pembebanan utama, maka ketentuan pada 13.7 dapat digunakan.
  - (2) Dalam merencanakan sambungan dengan menggunakan bahan-bahan dengan sifat struktural yang berbeda, maka daktilitas, kekuatan, dan kekakuan relatifnya harus ditinjau.
- 2) Tumpuan untuk komponen lantai dan atap pracetak diatas perletakan sederhana harus memenuhi ketentuan berikut:
  - (1) Tegangan tumpu izin dipermukaan kontak antara komponen yang didukung dan yang mendukung dan

antara elemen-elemen pendukung tidak boleh melebihi kekuatan tumpu untuk masing-masing permukaan dan elemen pendukung. Kekuatan tumpu beton dinyatakan dalam 12.17.

- (2) Kecuali bila dapat dibuktikan melalui pengujian atau analisis bahwa kemampuan strukturnya tidak berkurang, maka persyaratan minimum berikut ini harus dipenuhi:

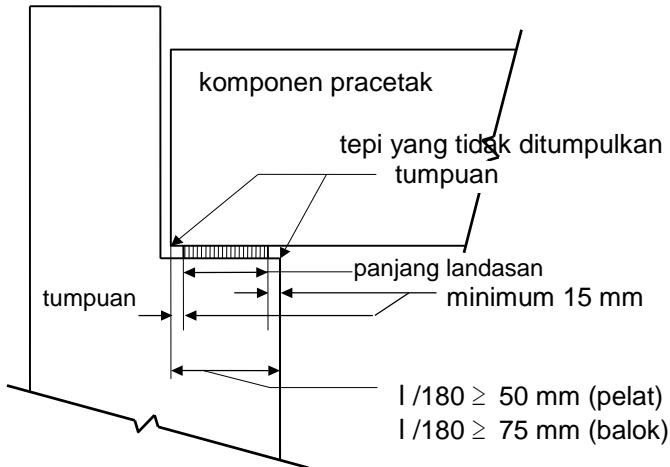
- a) Setiap komponen struktur dan sistem pendukungnya harus mempunyai dimensi rencana yang dipilih sedemikian hingga, setelah peninjauan toleransi, jarak dari tepi tumpuan ke ujung komponen struktur pracetak dalam arah bentang sedikitnya  $1/180$  kali bentang bersih  $l$ , tetapi tidak boleh kurang dari:

- untuk pelat massif atau berongga ..... 50mm
- untuk balok ..... 75mm

- b) Pelat landasan ditepi yang tidak ditumpukan harus mempunyai celah sedikitnya 15mm dari muka tumpuan, atau sedikitnya sama dengan dimensi penumpukan pada tepi yang ditumpukan.

- (3) Persyaratan pada 14.11(1) tidak berlaku untuk tulangan momen lentur positif pada komponen struktur pracetak statis tertentu, tetapi sedikitnya sepertiga dari tulangan tersebut harus diperpanjang sampai ketengah panjang landasan.

komponen pracetak tepi yang tidak ditumpukan panjang landasan minimum 15 mm tumpuan



**Gambar 2.8 Panjang landasan**

#### **2.6.4 Benda-benda yang ditanam sesudah pengecoran beton**

- 1) Apabila disetujui oleh perencana, benda-benda yang ditanam (seperti pasak atau sisipan lainnya) yang menonjol keluar dari beton atau tetap terekspos untuk tujuan pemeriksaan boleh ditanam pada saat beton berada dalam kondisi plastis asalkan:
  - (1) Benda-benda yang ditanam tidak disyaratkan untuk dikaitkan atau diikat ketulangan didalam beton.
  - (2) Benda-benda yang ditanam tetap beradapa daposisi yang benar selama beton masih plastis.
  - (3) Beton disekeliling benda yang tertanam harus dipadatkan secara benar.

#### **2.6.5 Penandaan danidentifikasi**

- 1) Setiap komponen struktur pracetak harus ditandai untuk menunjukkan lokasi dan orientasinya pada struktur serta tanggal pabrikasinya.

- 2) Tanda identifikasi harus sesuai dengan yang ada pada gambar rencana untuk penempatan komponen.

#### **2.6.6 Penanganan**

- 1) Perencanaan komponen struktur pracetak harus meninjau gaya-gaya dan distorsi selama perawatan, pembongkaran cetakan, penyimpanan, pengangkutan, dan ereksi sedemikian hingga komponen struktur pracetak tersebut tidak mengalami tegangan yang berlebihan, atau rusak.
- 2) Selama ereksi, komponen struktur pracetak harus diikat dan ditopang secukupnya untuk menjamin tercapainya kedudukan yang benar dan integritas struktur hingga sambungan yang permanen selesai dipasang.



“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Metode yang digunakan**

Metode yang digunakan dalam perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo adalah metode SRPMB karena terdapat pada daerah zona gempa 1 dan zona gempa 2 Sedangkan pada elemen balok, pelat, dan tangga menggunakan metode pracetak.

### **3.2 Data Perencanaan Gedung**

Data perencanaan ulang struktur gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo adalah sebagai berikut:

Adapun data proyek sebagai berikut :

Nama Proyek	: Gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Pemilik Proyek	: Kementrian Perumahan Rakyat Republik Indonesia Deputi Bidang Perumahan Formal
Lokasi Proyek	: Desa Pilang Kec. Wonoayu Kab. Sidoarjo – Jawa Timur
Luas Bangunan	: $\pm 719,15 \text{ m}^2$
Tinggi Bangunan	: $\pm 9,35 \text{ m}$
Data Tanah	: Hasil penyelidikan tanah menggunakan test sondir
Data Bahan	: Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa : Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa
Data Gambar	: Gambar Rencana Struktur Gambar Rencana Arsitektur Gambar Rencana MEP
Struktur Bangunan Atas	: Lantai 1 s/d 4 menggunakan Beton pracetak kecuali kolom menggunakan Beton konvensional, atap bangunan menggunakan baja

Struktur Bangunan Bawah : Pondasi Tiang Pancang  
 Kontraktor : PT. MULTI BANGUN  
 CALISTA BAKTI  
 Konsultan : PT. RANCANG PERSADA

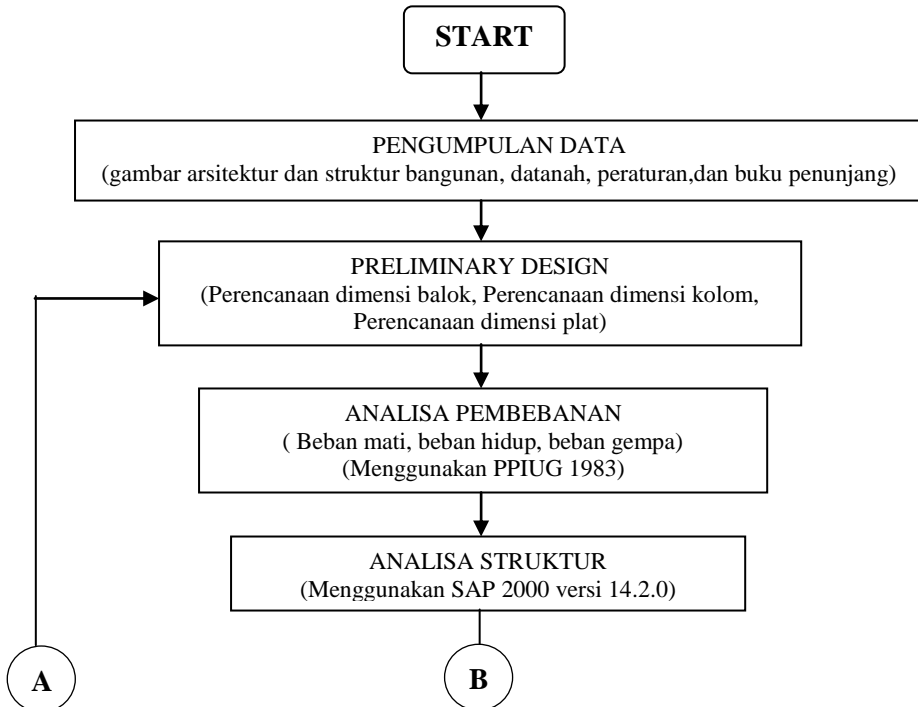
- $f_c'$  = 30 Mpa
- $f_y$  lentur = 400 Mpa
- $f_y$  geser = 240 Mpa

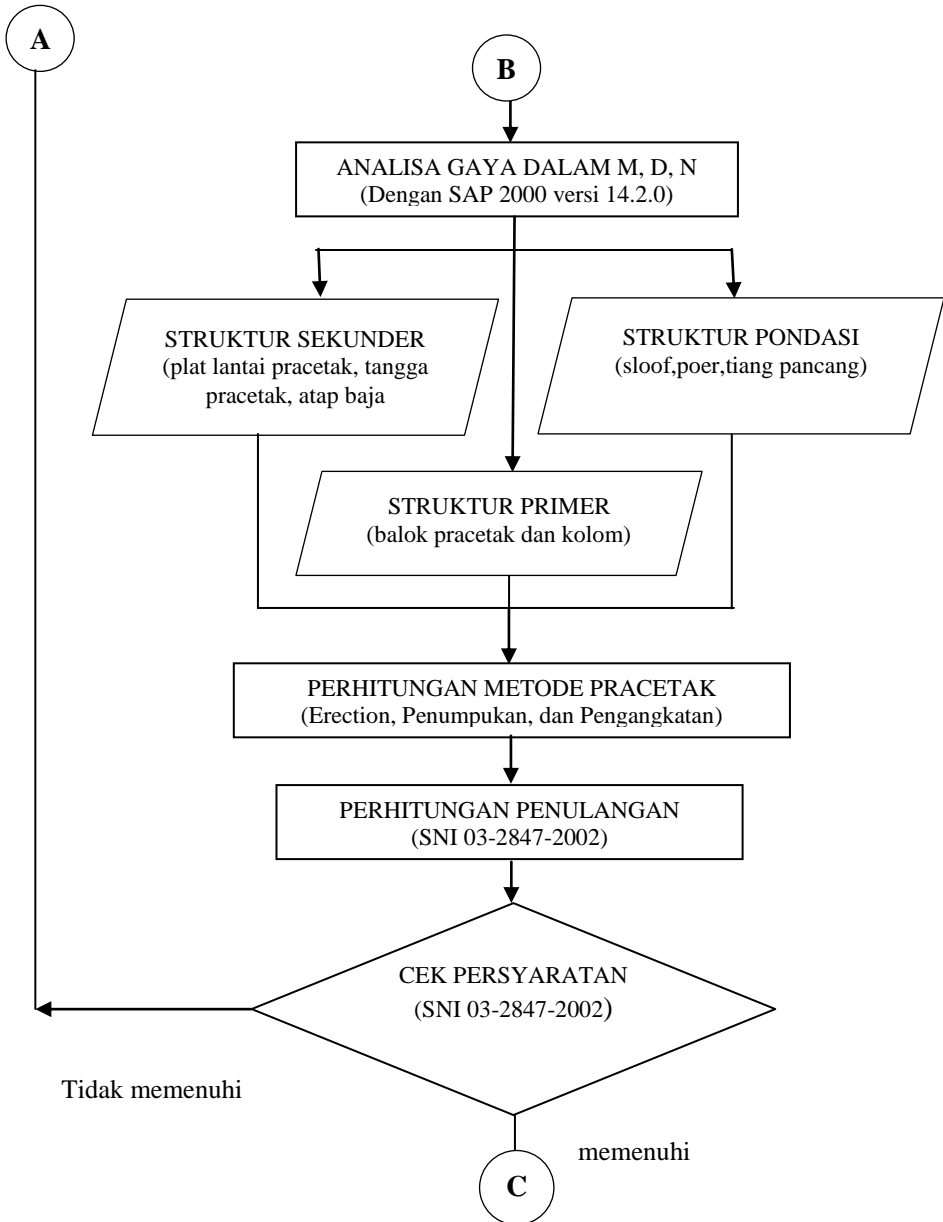
### 3.3 Alur Metodologi

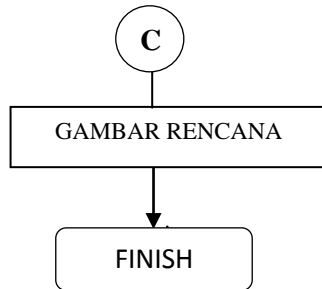
#### 3.3.1 Metode Perencanaan

Langkah-langkah dalam perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Susun Universitas Muhamaddiyah Sidoarjo metode Sistem Pemikul Momen Biasa (SRPMB) sebagai berikut.

#### Flow Chart metodologi







**Gambar 3.1** Flow chart Metodologi

1. Pengumpulan Data
  - a. Buku-buku peraturan yang digunakan sebagai landasan teori.
  - b. Data tanah.
  - c. Gambar Kerja proyek
2. Preliminary desain  
Panduan dalam perhitungan adalah :
  - a. Permodelan Struktur  
Ditentukan dengan analisa kondisi lapangan
  - b. Penentuan dimensi struktur  
Struktur utama : balok pracetak dan kolom  
Struktur sekunder : atap, tangga pracetak, pelat lantai pracetak, dan pondasi
3. Analisa Struktur
  - a. Model struktur dibuat mendekati kondisi aslinya yaitu menyatukan struktur utamanya dengan struktur sekunder, semua komponen struktur baik primer maupun sekunder dimodelkan dalam SAP 2000
  - b. Beban gempa dengan menggunakan *analisis static ekuivalen*
4. Analisis gaya dalam:  
Nilai gaya dalam diperoleh menggunakan bantuan program computer SAP 2000 Versi 14

Untuk struktur sekunder plat lantai, nilai gaya dalam diperoleh berdasarkan **Tabel 13.3.1 pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971.**

Untuk analisis struktur tangga dihitung secara satu kesatuan dengan struktur utama. Ini dilakukan dengan cara memodelkan struktur tangga pada program SAP2000 bersamaan dengan struktur utama lainnya sehingga reaksi langsung terdistribusi ke struktur utama.

Nilai kombinasi yang digunakan sebagai analisis adalah:

Untuk struktur beton bertulang digunakan kombinasi :

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3 Ex + 1 Ey
- 1,2 DL + 1,0 LL + 1 Ex + 0,3 Ey
- 0,9 DL  $\pm$  1,6 W
- 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (A atau R)

Keterangan :

DL : Beban Mati

LL : Beban Hidup

W : Beban Angin

Ex : Beban Gempa (beban gempa dominan arah X)

Ey : Beban Gempa (beban gempa dominan arah Y)

La : Beban Hidup atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan dan material.

- Perencanaan struktur sekunder
  - a. Atap
  - b. Pelat lantai pracetak
  - c. Pelat atap pracetak

d. Tangga pracetal

- Perencanaan struktur primer
  - a. Balok pracetak
  - b. Kolom
  - c. Sambungan
- Perencanaan pondasi
  - a. Tiang Pancang
  - b. Poer / Pile Cap
  - c. Sloof

5. Penulangan

Penulangan dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2002** menggunakan data-data yang diperoleh dari output SAP 2000 versi 14 :

- a. Dari *out put* SAP diperoleh nilai gaya geser (**D**), momen lentur (**M**), momen torsi (**T**), dan nilai gaya aksial (**P**). Kemudian dihitung kebutuhan tulangan balok, kolom dan pondasi.
- b. Perhitungan penulangan geser, lentur, dan punter pada semua komponen struktur utama.
- c. Kontrol masing-masing perhitungan penulangan.
- d. Penabelan penulangan yang dipakai pada elemen struktur yang dihitung (struktur atas dan struktur bawah).
- e. Penggambaran detail penulangan.

6. Pembebanan

- a. Beban Konstruksi Atap
- b. Beban Tangga dan Bordes
- c. Beban Pelat Lantai
- d. Beban gempa dengan menggunakan *respon dinamis*

## 7. Gambar Perencanaan

Gambar perencanaan meliputi :

### a. Gambar arsitek terdiri dari :

- Gambar denah
- Gambar tampak
- Potongan memanjang
- Potongan melintang

### b. Gambar struktur terdiri dari :

- Gambar portal memanjang
- Gambar portal melintang
- Gambar denah pondasi
- Gambar denah sloof
- Gambar denah pembalokan

### c. Gambar detail :

- Gambar detail panjang penyaluran
- Gambar detail penjangkaran tulangan
- Gambar detail pondasi dan poer
- Gambar detail sambungan pracetak



***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***

## BAB IV ANALISA BANGUNAN

### 4.1 Perencanaan Awal Struktur

Sebelum merencanakan struktur gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah, terlebih dahulu menentukan dimensi struktur-struktur utama yang digunakan dalam perencanaan bangunan tersebut.

#### 4.1 Perencanaan Dimensi Balok

Dalam perhitungan dimensi balok ini, diambil dari balok lantai 2, lantai 3 dan lantai 4 sesuai dengan gambar denah yang terlampir. Balok yang dihitung merupakan balok non prategang dengan tipe balok atau pelat rusuk satu arah yang berada pada dua tumpuan sederhana. Perhitungan ini berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.2 tabel 8*.

- $h \geq \frac{L}{16}$   
dimana :  
h = tinggi balok (cm)  
L = bentang bersih antar balok (cm)
- $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
dimana :  
b = lebar balok (cm)  
h = tinggi balok (cm)

##### 4.1.1.1 Balok Induk ( B1 )

- Data-data Perencanaan :
  - Tipe Balok : B1
  - Bentang Balok ( L balok ) : 400 cm
  - Kuat leleh tulangan lentur ( fy ) : 400 Mpa
- Ketentuan Perencanaan :  
SNI 03-2847-2002, tabel 8 :

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum ( h ) menggunakan  $\frac{L}{16}$
  - Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum ( h ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times \frac{f_y}{700}$
- Perhitungan perencanaan :
- $h \geq \frac{L}{16}$   
 $h \geq \frac{400 \text{ cm}}{16}$   
 $h \geq 25 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$   
 Direncanakan  $h = 45 \text{ cm}$
  - $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
 $= \frac{2}{3} \cdot 25 \text{ cm}$   
 $= 16,67 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$   
 Direncanakan  $b = 25 \text{ cm}$
  - maka direncanakan dimensi Balok Induk ( B1 ) dengan ukuran 25/45

#### 4.1.1.2 Balok Induk ( B2 )

- Data-data Perencanaan :
- Tipe Balok : B2
  - Bentang Balok ( L balok ) : 450 cm
  - Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) : 400 Mpa
- Ketentuan Perencanaan :
- SNI 03-2847-2002, tabel 8 :
- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum ( h ) menggunakan  $\frac{L}{16}$

- Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (  $h$  ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times \frac{f_y}{700}$
- Perhitungan perencanaan :
  - $h \geq \frac{L}{16}$   
 $h \geq \frac{450 \text{ cm}}{16}$   
 $h \geq 28,125 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$   
 Direncanakan  $h = 45 \text{ cm}$
  - $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
 $= \frac{2}{3} \cdot 28,125 \text{ cm}$   
 $= 18,75 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$   
 Direncanakan  $b = 25 \text{ cm}$
  - maka direncanakan dimensi Balok Induk ( B2 ) dengan ukuran 30/40

#### 4.1.1.3 Balok Induk ( B3 )

- Data-data Perencanaan :
  - Tipe Balok : B3
  - Bentang Balok ( L balok ) : 470 cm
  - Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) : 400 Mpa
- Ketentuan Perencanaan :  
 SNI 03-2847-2002, tabel 8 :
  - Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (  $h$  ) menggunakan  $\frac{L}{16}$
  - Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (  $h$  ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times \frac{f_y}{700}$
- Perhitungan perencanaan :
  - $h \geq \frac{L}{16}$

$$h \geq \frac{470 \text{ cm}}{16}$$

$$h \geq 29,375 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Direncanakan  $h = 45 \text{ cm}$

- $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
 $= \frac{2}{3} \cdot 29,375 \text{ cm}$   
 $= 19,583 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$   
 Direncanakan  $b = 25 \text{ cm}$
- maka direncanakan dimensi Balok Induk ( B3 )  
 dengan ukuran 25/45

#### 4.1.1.4 Balok Induk ( B4 )

- Data-data Perencanaan :
  - Tipe Balok : B4
  - Bentang Balok ( L balok ) : 235 cm
  - Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) : 400 Mpa
- Ketentuan Perencanaan :  
 SNI 03-2847-2002, tabel 8 :
  - Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (  $h$  ) menggunakan  $\frac{L}{16}$
  - Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (  $h$  ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times \frac{f_y}{700}$
- Perhitungan perencanaan :
  - $h \geq \frac{L}{16}$   
 $h \geq \frac{235 \text{ cm}}{16}$   
 $h \geq 14,6875 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$   
 Direncanakan  $h = 45 \text{ cm}$
  - $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
 $= \frac{2}{3} \cdot 14,6875 \text{ cm}$   
 $= 9,79 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$

Direncanakan  $b = 25 \text{ cm}$

- maka direncanakan dimensi Balok Induk ( B4 ) dengan ukuran 25/45

#### 4.1.1.5 Balok Induk ( B5 )

- Data-data Perencanaan :

- Tipe Balok : B5
- Bentang Balok ( L balok ) : 225 cm
- Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) : 400 Mpa

- Ketentuan Perencanaan :

SNI 03-2847-2002, tabel 8 :

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (  $h$  ) menggunakan  $\frac{L}{16}$
- Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (  $h$  ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times \frac{f_y}{700}$

- Perhitungan perencanaan :

- $h \geq \frac{L}{16}$   
 $h \geq \frac{225 \text{ cm}}{16}$

$$h \geq 14,06 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Direncanakan  $h = 45 \text{ cm}$

- $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
 $= \frac{2}{3} \cdot 14,06 \text{ cm}$   
 $= 9,375 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$

Direncanakan  $b = 25 \text{ cm}$

- maka direncanakan dimensi Balok Induk ( B5 ) dengan ukuran 25/45

#### 4.1.1.6 Balok Induk ( B6 )

- Data-data Perencanaan :
  - Tipe Balok : B6
  - Bentang Balok ( L balok ) : 380 cm
  - Kuat leleh tulangan lentur ( fy ) : 400 Mpa
- Ketentuan Perencanaan :  
SNI 03-2847-2002, tabel 8 :
  - Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum ( h ) menggunakan  $\frac{L}{16}$
  - Kuat leleh tulangan lentur ( fy ) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum ( h ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times \frac{fy}{700}$
- Perhitungan perencanaan :
  - $h \geq \frac{L}{16}$   
 $h \geq \frac{380 \text{ cm}}{16}$   
 $h \geq 23,75 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$   
 Direncanakan h = 45 cm
  - $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
 $= \frac{2}{3} \cdot 40 \text{ cm}$   
 $= 26,667 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$   
 Direncanakan b = 30 cm
  - maka direncanakan dimensi Balok Induk ( B6 ) dengan ukuran 30/40

#### 4.1.1.7 Balok Ring Balk

- Data-data Perencanaan :
  - Tipe Balok : RB 1
  - Bentang Balok ( L balok ) : 450 cm
  - Kuat leleh tulangan lentur ( fy ) : 400 Mpa
- Ketentuan Perencanaan :  
SNI 03-2847-2002, tabel 8 :

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum ( h ) menggunakan  $\frac{L}{16}$
- Kuat leleh tulangan lentur ( fy ) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum ( h ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times \frac{fy}{700}$
- Perhitungan perencanaan :
  - $h \geq \frac{L}{16}$   
 $h \geq \frac{450 \text{ cm}}{16}$   
 $h \geq 28,125 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$   
 Direncanakan h = 30 cm
  - $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
 $= \frac{2}{3} \cdot 28,125 \text{ cm}$   
 $= 18,75 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$   
 Direncanakan b = 30 cm
  - maka direncanakan dimensi Balok Ring Balk dengan ukuran 30/30

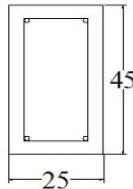
#### 4.1.1.8 Balok Tandon (BT 1)

- Data-data Perencanaan :
  - Tipe Balok : BT 1
  - Bentang Balok ( L balok ) : 380 cm
  - Kuat leleh tulangan lentur ( fy ) : 400 Mpa
- Ketentuan Perencanaan :  
 SNI 03-2847-2002, tabel 8 :
  - Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum ( h ) menggunakan  $\frac{L}{16}$

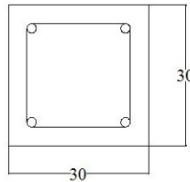


- Kuat leleh tulangan lentur (  $f_y$  ) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (  $h$  ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times \frac{f_y}{700}$
- Perhitungan perencanaan :
  - $h \geq \frac{L}{16}$   
 $h \geq \frac{380 \text{ cm}}{16}$   
 $h \geq 23,75 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$   
 Direncanakan  $h = 50 \text{ cm}$
  - $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
 $= \frac{2}{3} \cdot 23,75 \text{ cm}$   
 $= 15,83 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$   
 Direncanakan  $b = 30 \text{ cm}$
  - maka direncanakan dimensi Balok Induk ( BT 1 ) dengan ukuran 30/60

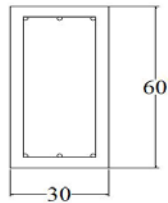
Hasil akhir gambar perencanaan balok :



Gambar 4.1 Balok Induk (B1, B2, B3, B4, B5, B6)



Gambar 4.2 Balok Ring Balk (RB 1))



Gambar 4.3 Balok Tandon (BT 1)

#### 4.2 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam perhitungan dimensi kolom, diambil dari kolom lantai 1, lantai 2, lantai 3 dan lantai 4, sesuai dengan gambar denah yang terlampir. Sehubungan dengan jarak lantai yang sama maka dimensi kolom dari lantai 1 hingga lantai 4 adalah sama.

Berdasarkan PBI 1989 pasal 13.7.4.1 bahwa momen inersia kolom pada sembarang penampang di luar join atau kepala kolom boleh didasarkan pada penampang bruto beton.

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

dimana :

$I_{kolom}$  = momen inersia kolom ( $\text{cm}^4$ )

$I_{kolom} = 1/12 \times b \times h^3 = 1/12 \times h^4$  (karena pada kolom  $b = h$ )

$I_{balok}$  = momen inersia balok ( $\text{cm}^4$ )

$I_{balok} = 1/12 \times b \times h^3$

$L_{kolom}$  = tinggi bersih antar lantai (cm)

$L_{balok}$  = bentang bersih antar balok (cm)

- Data-data Perencanaan :

- Tipe Kolom : K-1
- Tinggi Kolom  $H_{kolom}$  : 340 cm
- Bentang Balok  $L_{balok}$  : 470 cm

- Dimensi Balok  $b_{\text{balok}}$  : 25 cm
- Dimensi Balok  $h_{\text{balok}}$  : 45 cm

- Ketentuan Perencanaan :

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

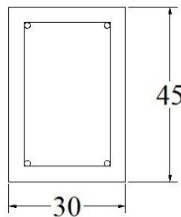
- Perhitungan Perencanaan :

$$\begin{aligned} \frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} &\geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}} \\ \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{H_{\text{kolom}}} &\geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L_{\text{balok}}} \\ \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{H_{\text{kolom}}} &\geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{L_{\text{balok}}} \\ \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{H_{\text{kolom}}} &\geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 25 \text{ cm} \cdot (45 \text{ cm})^3}{470 \text{ cm}} \\ \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{340 \text{ cm}} &\geq 403,92 \text{ cm}^3 \\ \frac{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3}{300 \text{ cm}} &\geq 403,92 \text{ cm}^3 \cdot 340 \text{ cm} \cdot 12 \\ h^4 &\geq 1648005,319 \text{ cm}^4 \\ h &\geq 35,83 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad b &= \frac{2}{3} \cdot h \\ &= \frac{2}{3} \cdot 45 \text{ cm} \\ &= 30 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

- maka direncanakan dimensi Kolom dengan ukuran 30/45

Hasil akhir gambar perencanaan kolom :

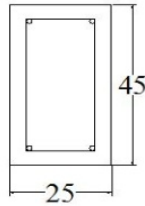


Gambar 4.4 Kolom

### 4.3 Perencanaan Dimensi Sloof

- Data-data Perencanaan :
  - Tipe Balok : S1
  - Bentang Balok ( L balok ) : 470 cm
  - Kuat leleh tulangan lentur ( fy ) : 400 Mpa
- Ketentuan Perencanaan :  
SNI 03-2847-2002, tabel 8 :
  - Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum ( h ) menggunakan  $\frac{L}{16}$
  - Kuat leleh tulangan lentur ( fy ) selain 400 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum ( h ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times \frac{fy}{700}$
- Perhitungan Perencanaan :
  - $h \geq \frac{L}{16}$   
 $h \geq \frac{470 \text{ cm}}{16}$   
 $h \geq 29,375 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$   
 Direncanakan h = 45 cm
  - $b = \frac{2}{3} \cdot h$   
 $b = \frac{2}{3} \cdot 29,375 \text{ cm}$   
 $b = 19,583 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$   
 Direncanakan b = 25 cm
  - maka direncanakan dimensi Sloof (S1) dengan ukuran 25/45

Hasil akhir gambar perencanaan sloof :



Gambar 4.5 Sloof (S1)

### ❖ Kesimpulan

Dari hasil perhitungan perencanaan di atas maka dapat disimpulkan gedung tersebut menggunakan struktur dengan dimensi sebagai berikut :

- Balok
  1. Balok Induk ( B1, B2, B3, B4, B5, B6 ) : 25/45
  2. Balok Ring Balk : 25/45
  3. Balok Tandon (BT 1) : 30/60
- Kolom ( K1, K2, K3, K4, K5, K6 ) : 30/45
- Sloof (S1) : 25/45

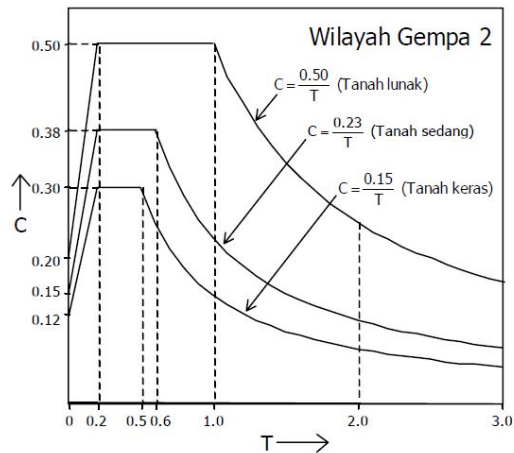
## 4.2 Perhitungan Beban Gempa

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menggunakan analisa statik ekuivalen dimana gaya geser dasar nominal harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban nominal statik ekuivalen pada gedung yang beraturan.

- Waktu Getar Struktur (T)
 
$$\begin{aligned}
 T &= 0,0731 \cdot h^{3/4} \\
 &= 0,0731 \cdot (13,45 \text{ m})^{3/4} \\
 &= 0,5134 \text{ det}
 \end{aligned}$$
- Faktor Respon Gempa (C)

Gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo direncanakan dibangun di zona gempa 2. Didapatkan waktu getar struktur (T) sebesar 0,5134 det dan jenis tanah berdasarkan hasil sondir termasuk tanah keras. Sehingga bila dihubungkan dalam grafik Respon Spectrum Gempa Rencana Zona Gempa 2 (*SNI 03-1726-2002 gambar 2*), nilai faktor respon gempa (C) sebesar 0,448.

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{0,23}{T} \\
 &= \frac{0,23}{0,5134} \\
 &= 0,448
 \end{aligned}$$



Gambar 4.6 Grafik Respons Spectrum Gempa Rencana Zona Gempa 2

- Faktor Keutamaan (I)

Berdasarkan fungsinya yaitu sebagai gedung penghunian, maka berdasarkan *SNI 03-1726-2002 tabel 1*, didapatkan (I) = 1,0.

- Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), sehingga berdasarkan *SNI 03-1726-2002 tabel 3* didapatkan nilai faktor reduksi gempa  $R = 3,5$ .

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	$\mu_m$	$R_m$ Pers. (6)	$f$ Pers. (39)
3. Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	1. Rangka pemikul momen khusus (SRPMK)			
	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
	2. Rangka pemikul momen menengah beton (SRPMM)	3,3	5,5	2,8
	3. Rangka pemikul momen biasa (SRPMB)			
	a. Baja	2,7	4,5	2,8
	b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8
	4. Rangka batang baja pemikul momen khusus (SRBPMK)	4,0	6,5	2,8

Gambar 4.7 Tabel Faktor Reduksi Gempa (R) Untuk SRPMB

- Berat Bangunan (W)
- Perhitungan Berat Struktur Lantai 1 (W1)

Keterangan	Dimensi (m)			Jumlah	Faktor Reduksi	Berat Jenis (kg)	Jumlah (kg)
	Panjang	Lebar	Tinggi				
Berat Hidup Plat	61.4	11.25	0	1	0.3	250	0
K1 lt. 1	1.7	0.3	0.45	48	1	2400	26438.4
K2 lt. 1	1.7	0.3	0.45	16	1	2400	8812.8
K3 lt. 1	1.7	0.3	0.45	6	1	2400	3304.8
KB	1.7	0.2	0.3	4	1	2400	979.2
Sloof TB 1	4.7	0.25	0.45	8	1	2400	10152
Sloof TB 1	4.5	0.25	0.45	32	1	2400	38880
Sloof TB 1	4	0.25	0.45	53	1	2400	57240
Sloof TB 1	3.8	0.25	0.45	2	1	2400	2052
Sloof TB 1	2.5	0.25	0.45	4	1	2400	2700
Sloof TB 1	2.35	0.25	0.45	2	1	2400	1269

Sloof TB 1	2.25	0.25	0.45	16	1	2400	9720
Dinding 1/2 Bata	432.1	0	1.7		1	250	183642.5
<b>JumlahTotal (W0) =</b>							<b>345190.7</b>

• Perhitungan Berat Struktur Lantai 2 (W2)

Keterangan	Dimensi (m)			Jumlah	Faktor Reduksi	BeratJenis (kg)	Jumlah (kg)
	Panjang	Lebar	Tinggi				
BeratHidup Plat	61.4	11.25	0	1	0.3	250	51806.25
K1 lt. 1	1.7	0.3	0.45	48	1	2400	26438.4
K2 lt. 1	1.7	0.3	0.45	16	1	2400	8812.8
K3 lt. 1	1.7	0.3	0.45	6	1	2400	3304.8
K3A	1.5	0.35	0.35	4	1	2400	1764
K4	1.5	0.3	0.45	64	1	2400	31104
KB	3.2	0.2	0.3	4	1	2400	1843.2
Balok lt. 2 G1	4	0.25	0.45	53	1	2400	57240
Balok lt. 2 G2	4.5	0.25	0.45	8	1	2400	9720
Balok lt. 2 G2	4.7	0.25	0.45	8	1	2400	10152
Balok lt. 2 G3	2.35	0.25	0.45	2	1	2400	1269
Balok lt. 2 G3	4.5	0.25	0.45	24	1	2400	29160
Balok lt. 2 G4	2.25	0.25	0.45	16	1	2400	9720
Balok lt. 2 G5	2.5	0.25	0.45	4	1	2400	2700
Balok lt. 2 G5	3.8	0.25	0.45	2	1	2400	2052
Dinding 1/2 Bata	408.1	0	1.7		1	250	173442.5
Dinding 1/2 Bata	24	0	0.3		1	250	1800
Dinding 1/2 Bata	407.2	0	1.5		1	250	152700
Plat Lantai	61.4	11.25	0.12	1	1	2400	17683.2





- Perhitungan Berat Struktur Lantai 4 (W4)

Keterangan	Dimensi (m)			Jumlah	Faktor Reduksi	BeratJenis (kg)	Jumlah (kg)
	Panjang	Lebar	Tinggi				
K3A	1.5	0.35	0.35	4	1	2400	1764
K4	1.5	0.3	0.45	64	1	2400	31104
K5	1	0.3	0.3	60	1	2400	12960
K5A	1.5	0.3	0.3	8	1	2400	2592
BalokDak G1	4	0.25	0.45	30	1	2400	32400
BalokDak G2	4.7	0.25	0.45	6	1	2400	7614
BalokDak G4	3	0.25	0.45	6	1	2400	4860
BalokDak G5	2.5	0.25	0.45	4	1	2400	2700
	3.8	0.25	0.45	2	1	2400	2052
BalokDak G6	4.5	0.3	0.6	4	1	2400	7776
BalokDak RB1	4	0.15	0.3	22	1	2400	9504
BalokDak RB2	4.5	0.15	0.3	20	1	2400	9720
BalokDak RB3	3	0.15	0.3	10	1	2400	3240
Dinding 1/2 Bata	407.2	0	1.5		1	250	152700
Dinding 1/2 Bata	120	0	1		1	250	30000
Dinding 1/2 Bata	9.4	0	1.5		1	250	3525
Dinding 1/2 Bata	27	0	1.5		1	250	10125
jumlah total							324636

• Perhitungan Berat Struktur Atap (W5)

Keterangan	Dimensi (m)			Jumlah	Faktor	Berat Jenis (kg)	Jumlah
	Panjang	Lebar	Tinggi		Reduksi		(kg)
Dinding 1/2 Bata	9.4	0	0.5		1	250	1175
Dinding 1/2 Bata	27	0	1.5		1	250	10125
K5A	1.5	0.3	0.3	8	1	2400	2592
Balok Atap RB1	4	0.15	0.3	48	1	2400	20736
Balok Atap RB2	4.5	0.15	0.3	12	1	2400	5832
Balok Atap RB3	2.25	0.15	0.3	12	1	2400	2916
KudaKuda WF 200.150.6.9	7.582			28	1	30.6	6496.2576
Kolom Pendek WF 250.175.7.11	0.5			28	1	44.1	617.4
Gording LLC 125.50.20.4	104			8	1	7.5	6240
Penggantung Gording D10	7			26	1	0.617	112.294
Ikatan angin D10	5.511			32	1	0.617	108.809184
jumlah total							56950.76078

$$\begin{aligned}
 W_{\text{total}} &= 345190,7 \text{ kg} + 593792,15 \text{ kg} + 562233,45 \text{ kg} + \\
 &\quad 324636 \text{ kg} + 56950,76 \text{ kg} \\
 &= 1870803,061 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= 0,0731 (H)^{3/4} \\
 &= 0,0731 (13,45)^{3/4} \\
 &= 0,5134
 \end{aligned}$$

$$C = \frac{0,23}{T}$$

$$= \frac{0,23}{0,5134}$$

$$= 0,448$$

$$V = \frac{C \cdot I}{R} \times W_{\text{total}}$$

$$= \frac{0,448 \cdot 1}{3,5} \times 1.870.803,061 \text{ kg}$$

$$= 239462,79 \text{ kg}$$

Distribusi Fi dan Vi (Kg)

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V$$

Distribusi per Lantai

<b>lantai i</b>	<b>Wi (Kg)</b>	<b>hi (m)</b>	<b>Wi · hi (Kg.m)</b>	<b>Fi (Kg)</b>
1	345190,7	0,5	172595,35	8404,69
2	593792,1 5	3,4	2018893,31	58974,87
3	562233,4 5	6,4	3598294,08	110211,1 2
4	324636	9,4	3051578,4	76060,47
5	56950,76	13,4 5	765987,722	19092,21
$\sum W_i \cdot h_i$			9607348,86 2	

Distribusi Per lantai :

W1 ( lantai 1 ) :

<b>ARAH</b>	<b>AS</b>	<b>Kg</b>
ARAH X	7 - B & 2 - B	1680,9
	3 - A & 5 - A	1419,5
ARAH Y	B - 2 & Q - 2	321,68
	C - 2 & P - 2	595,45
	(D - O) - 2	443,3

W2 ( lantai 2 ) :

<b>ARAH</b>	<b>AS</b>	<b>Kg</b>
ARAH X	7 - B & 2 - B	11794,97
	3 - A & 5 - A	9960,2
ARAH Y	B - 2 & Q - 2	2257,18
	C - 2 & P - 2	4178,2
	(D - O) - 2	3842

W3 ( lantai 3 ) :

<b>ARAH</b>	<b>AS</b>	<b>Kg</b>
ARAH X	7 - B & 2 - B	21797,3
	3 - A & 5 - A	1861,4
ARAH Y	B - 2 & Q - 2	4218,2
	C - 2 & P - 2	7808,1
	(D - O) - 2	7179,8

W4 ( lantai 4 ) :

<b>ARAH</b>	<b>AS</b>	<b>Kg</b>
ARAH X	7 - B & 2 - B	88279
	3 - A & 5 - A	74546,8
ARAH Y	B - 2 & Q - 2	16893,8
	C - 2 & P - 2	31271,5
	(D - O) - 2	28755,4

W5 ( lantai 5 ) :

<b>ARAH</b>	<b>AS</b>	<b>Kg</b>
ARAH X	7B & 2B	3814,44
ARAH Y	B - 2 & Q - 2	730
	C - 2 & P - 2	1352,62
	(D - O) - 2	1243,79

## BAB V

### Perhitungan Struktur Sekunder

#### 5.1 Perhitungan Struktur Rangka Atap

##### 5.1.1 Perhitungan Kuda-Kuda

Rangka kuda-kuda yang digunakan pada Gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo adalah rangka kaku. Dimana elemen penyusunnya adalah baja WF yang disambung menggunakan media pelat, baut dan las. Berikut ini adalah gambar denah penempatan kuda-kuda.

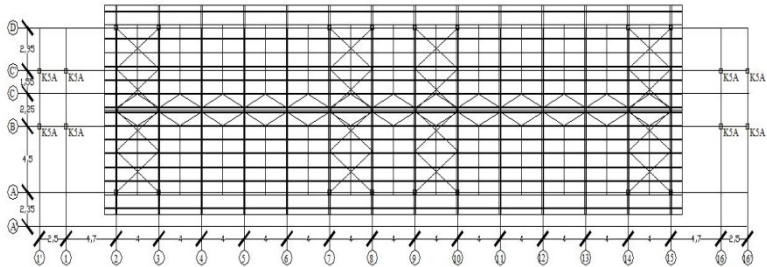
##### 5.1.3.1 Data Perencanaan

- Profil Kuda-Kuda WF 200.150.6.9

Tinggi profil (d)	: 200 mm
Lebar profil (b)	: 150 mm
Berat sendiri	: 18,2 kg/m
Corner Radius (r)	: 13 mm
Tebal sayap (tf)	: 9 mm
Tebal badan (tw)	: 6 mm
Momen Inersia ( $I_x$ )	: 2690 cm <sup>4</sup>
Momen Inersia ( $I_y$ )	: 507 cm <sup>4</sup>
Section Area ( $A_g$ )	: 39,01 cm <sup>2</sup>
Radius of Gyration ( $i_x$ )	: 8,3 cm
Radius of Gyration ( $i_y$ )	: 3,6 cm
Section Modulus ( $Z_x/S_x$ )	: 277 cm <sup>3</sup>
Section Modulus ( $Z_y/S_y$ )	: 67,63 cm <sup>3</sup>
h	= d - 2 (tf + r)
	= 200 - 2 ( 9 mm + 13 mm)
	= 156 mm

- Modulus Elastisitas (E)	= 200.000 MPa
- Faktor panjang tekuk (kc)	= 0,5 (jepit-jepit)
- Mutu baja	= BJ 37
	$f_y = 240$ MPa

- Faktor residu ( $f_r$ )  $= 70 \text{ MPa}$
- Panjang komponen arah x ( $L_x$ )  $= 400 \text{ cm}$
- Panjang komponen arah y ( $L_y$ )  $= 598,6 \text{ cm}$

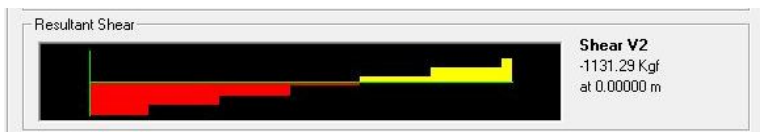


Gambar 5.1 Denah Kuda-Kuda

### 5.1.3.2 Data output SAP 2000 frame 931 (akibat beban kombinasi 1,2DL + 1,6H + 0,8W)



$$P_u = 1457,15 \text{ Kg}$$



$$V_u = 1131,29 \text{ Kg}$$



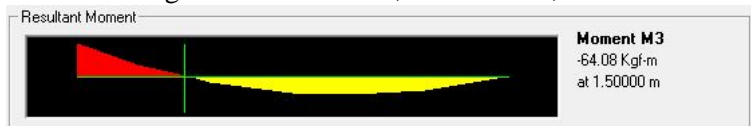
$$M_{ux} = 1517,31 \text{ Kg.m}$$



$$M_{uy} = 115,71 \text{ Kg.m}$$

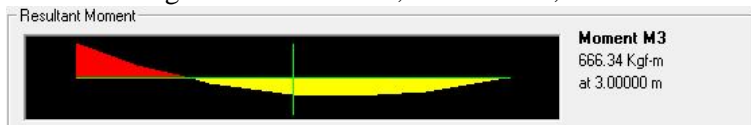
Untuk perhitungan kontrol lateral buckling dibutuhkan nilai  $M_a, M_b, M_c$  dan  $M_{max}$  dimana  $M_a$  (Momen pada  $\frac{1}{4}L$ ),  $M_b$  (Momen pada  $\frac{1}{2}L$ ),  $M_c$  (Momen pada  $\frac{3}{4}L$ ) dan  $M_{max}$  (Momen max yg terjadi pada sepanjang bentang yang ditinjau)

$$\text{Bentang } M_a = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \cdot 5,98599 \text{ m} = 1,4964975 \text{ m}$$



$$M_a = 64,08 \text{ kg.m}$$

$$\text{Bentang } M_b = \frac{1}{2} L = \frac{1}{2} \cdot 5,98599 \text{ m} = 2,992995 \text{ m}$$



$$M_b = 666,34 \text{ kg.m}$$

$$\text{Bentang } M_c = \frac{3}{4} L = \frac{3}{4} \cdot 5,98599 \text{ m} = 4,4894925 \text{ m}$$





$$M_c = 619 \text{ k,54 g.m}$$



$$M_{\max} = 1517,31 \text{ kg.m}$$

### 5.1.1.1 Kontrol Kelangsingan Kuda – Kuda

#### 1. Ditinjau terhadap sayap (flens)

$$\lambda_f < \lambda_r$$

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} < \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{150/2}{9} < \frac{170}{\sqrt{240}}$$

$$8,33 < 10,97$$

→ Penampang Kompak  
(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

#### 2. Ditinjau terhadap badan (Web)

$$\lambda_w < \lambda_r$$

$$\frac{d}{t_w} < \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{156}{6} < \frac{1680}{\sqrt{240}}$$

$26 < 108,44 \rightarrow$  (Penampang Kompak)  
(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

Karena Penampang Kompak, Maka  $M_n = M_p$   
(SNI 03-2847-2002, Pasal 7.6.4)

$$\lambda = \frac{L_k}{i_x} \rightarrow L_k = k_c \cdot L$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3.3)

dimana :

$\lambda$  = kelangsingan

$k_c$  = faktor panjang tekuk

L = panjang komponen struktur  
 $i_x$  = jari-jari giras komponen struktur

$$\lambda_x = \frac{k_c \cdot L_x}{i_x} = \frac{0,5 \cdot 598,86 \text{ cm}}{8,3 \text{ cm}} = 36,08$$

$$\lambda_y = \frac{k_c \cdot L_y}{i_y} = \frac{0,5 \cdot 598,86 \text{ cm}}{3,6 \text{ cm}} = 83,175$$

$\rightarrow$  (menentukan)

Maka yang digunakan dalam perhitungan ,  
 $\lambda$  pakai = 83,175 sehingga :

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_c = \frac{83,175}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{2000000 \text{ kg/cm}^2}} = 2,9$$

Maka didapatkan koefisien faktor tekuk struktur  
 sebagai berikut :

$$\lambda_c = 2,9 \geq 1,2 \text{ maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

*(SNI 03-2847-2002, Pasal 7.6.2)*

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2 = 1,25 \cdot (2,9)^2 = 10,5125$$

#### 5.1.1.2 Momen Nominal Kuda – Kuda Akibat Tekuk Lokal

$$\begin{aligned} Z_x &= b \cdot t_f \cdot (d - t_f) + \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (d - 2 \cdot t_f)^2 \\ &= 150 \text{ mm} \cdot 9 \text{ mm} \cdot (200 \text{ mm} - 9 \text{ mm}) + \frac{1}{4} \cdot 6 \\ &\quad \text{mm} \cdot (200 \text{ mm} - 2 \cdot 9 \text{ mm})^2 \\ &= 257850 \text{ mm}^3 + 49686 \text{ mm}^3 \\ &= 307536 \text{ mm}^3 = 307,5 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_y &= \frac{1}{2} \cdot t_f \cdot b^2 + \frac{1}{4} (d - 2 \cdot t_f) t_w^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 9 \text{ mm} \cdot (150 \text{ mm})^2 + \frac{1}{4} (200 \text{ mm} - 2 \cdot 9 \\ &\quad \text{mm}) (6 \text{ mm})^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 101250 \text{ mm}^3 + 1638 \text{ mm}^3 \\
 &= 102888 \text{ mm}^3 = 102,9 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nx} &= M_{px} = Z_x \cdot f_y \\
 &= 307,5 \text{ cm}^3 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 738000 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ny} &= M_{py} = Z_y \cdot f_y \\
 &= 102,9 \text{ cm}^3 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 246960 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

### 5.1.1.3 Kontrol Kuat Tekan Penampang Kuda – Kuda

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \\
 &= \frac{39,01 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{10,1} \\
 &= 9269,7 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 9269,7 \text{ kg} = 7879,25 \text{ kg}$$

Cek Syarat :

$$\begin{aligned}
 P_u &< \phi P_n \\
 1457,15 \text{ kg} &< 7879,25 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi syarat})
 \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1457,15 \text{ kg}}{7879,25 \text{ kg}} = 0,185$$

$$\text{Bila } \frac{P_u}{\phi P_n} = 0,185 \leq 0,2$$

maka digunakan persamaan interaksi sebagai berikut:

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 11.3)*

$$\frac{1457,15 \text{ kg}}{2 \cdot 7879,25 \text{ kg}} + \left( \frac{151731 \text{ Kg.cm}}{0,9 \cdot 738000 \text{ kg.cm}} + \frac{11571 \text{ Kg.cm}}{0,9 \cdot 246960 \text{ kg.cm}} \right) \leq 1,0$$

$$0,09 + (0,23 + 0,05) \leq 1,0$$

$$0,37 \leq 1,0 \text{ (memenuhi syarat)}$$

#### 5.1.1.4 Kontrol Lateral Buckling Penampang Kuda – Kuda

$L = 4 \text{ m}$  (panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan)

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \sqrt{\frac{I_y}{A}} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \sqrt{\frac{507 \text{ cm}^4}{39,01 \text{ cm}^2}} \cdot \sqrt{\frac{2000000 \text{ kg/cm}^2}{2400 \text{ kg/cm}^2}} \\ &= 183,163 \text{ cm} \\ &= 1,83 \text{ m} \end{aligned}$$

$$G = 8 \cdot 10^4 \text{ Mpa} = 8 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = 160 \text{ cm}^3 = 160.000 \text{ mm}^3$$

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} x b x t w^3 + \frac{1}{3} x b f x t f^3 \\ &= \frac{1}{3} x 200 \text{ mm} x (6 \text{ mm})^3 + \\ &\quad \frac{1}{3} x 150 \text{ mm} x (9 \text{ mm})^3 \\ &= 50850 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_w &= \\ \frac{I_y \cdot h^2}{4} &= \frac{5070000 \text{ mm}^4 \cdot (156 \text{ mm})^2}{4} = \\ 197730000 \text{ mm}^6 &= 1,98 \cdot 10^8 \text{ mm}^6 \end{aligned}$$

$$h = 156 \text{ mm}$$

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$$

$$A = 39,01 \text{ cm}^2 = 3901 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} f_l &= f_y - f_r \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 - 700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1700 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 170 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$R_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{5070000 \text{ mm}^4}{3901 \text{ mm}^2}} = 36,05 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{\pi}{s} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}} \\ &= \\ &= \frac{\pi}{160000 \text{ mm}^3} \cdot \sqrt{\frac{200000 \text{ N/mm}^2 \cdot 80000 \text{ N/mm}^2 \cdot 50850 \text{ mm}^4 \cdot 3901 \text{ mm}^2}{2}} \\ &= 17490,14 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_2 &= 4 \cdot \left( \frac{s}{G \cdot J} \cdot \frac{I_w}{I_y} \right) \\ &= 4 \cdot \left( \frac{160000 \text{ mm}^3}{800000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 50850 \text{ mm}^4} \cdot \frac{1,98 \cdot 10^8 \text{ mm}^6}{5070000 \text{ mm}^4} \right) \\ &= 0,0001536018 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_r &= r_y \cdot \left( \frac{X_1}{f_l} \right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot f_l^2}} \\ &= 36,05 \text{ mm} \cdot \left( \frac{17490,1 \text{ N/mm}^2}{170 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,0001536018 \text{ N/mm}^2 \cdot (170 \text{ N/mm}^2)^2}} \\ &= 6770,38 \text{ mm} = 6,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_p < L < L_r \rightarrow 1,83 \text{ m} < 4 \text{ m} < 6,8 \text{ m} \text{ (Bentang Menengah)}$$

Karena batang kuda-kuda termasuk bentang menengah, maka nilai  $M_n$  dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut :

$$M_n = C_b \cdot \left\{ M_r + (M_p - M_r) \cdot \frac{(L_r - L)}{(L_r - L)} \right\} \leq M_p$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 8.3.4)*

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} \leq 2,3$$

$$= \frac{12,5 \times 1517,31 \text{ kgm}}{2,5 \times 1517,31 + 3 \times 64,08 + 4 \times 666,34 + 3 \times 619,54} \leq 2,3$$

$$= 2,23 > 2,3 \rightarrow (\text{dipakai } C_b = 2,23)$$

Maka Momen nominal Kuda – Kuda akibat tekuk lokal:

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 307536 \text{ mm}^3 \cdot 240 \text{ N/mm}^2$$

$$= 73808640 \text{ N.mm} = 7380,864 \text{ kg.m}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 160000 \text{ mm}^3 \cdot (240 \text{ N/mm}^2 - 70 \text{ N/mm}^2)$$

$$= 27200000 \text{ N.mm} = 2720 \text{ kg.m}$$

$$M_n = C_b \cdot \left\{ M_r + (M_p - M_r) \cdot \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right\} \leq M_p = 7380,864 \text{ kg.m}$$

$$M_n$$

$$= 2,23 \cdot \left\{ 2720 \text{ kg.m} \right.$$

$$+ (7380,864 \text{ kg.m}$$

$$- 2720 \text{ kg.m}) \cdot \frac{(6,8 \text{ m} - 4 \text{ m})}{(6,8 \text{ m} - 1,83 \text{ m})} \left. \right\}$$

$$= 5345,84 \text{ kg.m} \leq 7380,864 \text{ kg.m}$$

#### 5.1.1.5 Kontrol Geser Penampang Kuda – Kuda

$$\frac{h}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{156}{6} < \frac{1100}{\sqrt{240}}$$

$$26 < 71 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 8.8.3)

dimana :

$V_n$  = kuat geser nominal

$f_y$  = 240 MPa

$A_w$  = luas kotor pelat badan

$$\begin{aligned} A_w &= d \cdot t_w \\ &= 200 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm} \\ &= 1200 \text{ mm}^2 = 12 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 12 \text{ cm}^2 \\ &= 17280 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot 17280 \text{ kg} \\ &= 15552 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$V_u = 1131,29 \text{ kg} < \phi V_n = 15552 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi Syarat})$$

#### 5.1.1.6 Kontrol Lendutan Penampang Kuda – Kuda

$$\overline{\Delta L} = \frac{L}{240} = \frac{598,6 \text{ cm}}{240} = 2,49 \text{ cm}$$

Output SAP 2000



$$\Delta L^o = 0,0035 \text{ m} = 0,35 \text{ cm}$$

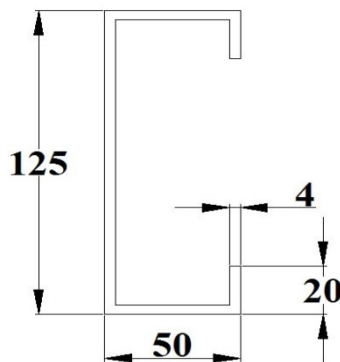
Cek persyaratan :

$$\Delta L^{\circ} < \overline{\Delta L} \rightarrow 0,35 \text{ cm} < 2,58 \text{ cm} \quad (\text{Memenuhi Syarat})$$

### 5.1.2 Perhitungan Gording

Gording adalah komponen struktur atap yang berfungsi sebagai penghubung antara satu kuda-kuda dengan kuda-kuda yang lain. Gording yang digunakan adalah profil baja *light lip channels*. Dibawah ini adalah perhitungan perencanaan gording.

#### 5.1.2.1 Direncanakan profil gording LLC 125.50.20.4,0.



**Gambar 5.2 Gording Profil LLC 125.50.20.4,0**

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Berat Sendiri profil (q)	: 7,50 kg/m
Momen Inersia (Ix)	: 217 cm <sup>4</sup>
Momen Inersia (Iy)	: 33,1 cm <sup>4</sup>
Section Modulus (Zx)	: 34,7 cm <sup>3</sup>
Section Modulus (Zy)	: 9,38 cm <sup>3</sup>
Section Area (A)	: 9,548 cm <sup>2</sup>
Radius (ix)	: 4,77 cm



Radius (iy) : 33,1 cm

### 5.1.2.2 Penentuan jumlah gording terpasang

Sudut kemiringan atap ( $\alpha = 20^\circ$ )

Jarak antar gording = 1,0 m

Jarak datar gording = 0,87 m

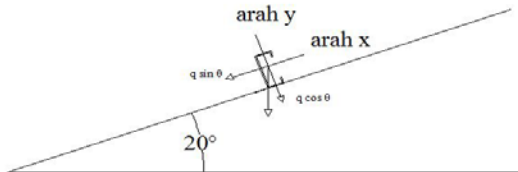
Jarak miring setengah atap = 5,986 m

Jumlah gording =  $\frac{5,986}{1,0} + 1 = 5,986 \approx 7 \text{ buah}$

Jadi rencana jumlah gording seluruhnya adalah  $7 \times 2 = 14$  buah.

### 5.1.2.3 Pembebanan pada gording

Beban yang mengenai atap arahnya tegak lurus terhadap sudut kemiringan atap, sehingga untuk perhitungannya diperlukan nilai resultan. Berikut adalah arah permisalan gaya pada gording.



**Gambar 5.3 Proyeksi Gaya Yang Bekerja Pada Gording**

**Arah x** adalah arah yang sejajar dengan kemiringan atap, sedangkan **arah y** adalah arah yang tegak lurus terhadap sudut kemiringan atap. Dalam perhitungan gording ini, digunakan asumsi bahwa  **$M_x$**  adalah momen yang terjadi akibat beban dari **arah x**, serta

momen ini bekerja tegak lurus *sumbu x* dan mengitari *sumbu y*. Sebaliknya, *My* adalah momen yang terjadi akibat beban dari *arah y*, serta momen ini bekerja tegak lurus *sumbu y* dan mengitari *sumbu x*.

Berikut adalah beban-beban yang bekerja pada gording :

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat sendiri profil} = 7,5 \text{ kg/m}$$

Berat penutup atap :

$$12,1 \text{ kg/m}^2 \times 1,0 \text{ m} = \underline{12,1 \text{ kg/m}} + 19,6 \text{ kg/m}$$

Berat lain-lain diasumsikan 10% dari beban mati yang terjadi.

$$(10\% \times qd) = 10\% \times 19,6 \text{ kg/m} = \underline{1,96 \text{ kg/m}} + \\ qD \text{ total} = 21,56 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah } x &= qdx = qD \text{ total} \times \sin \alpha \\ &= 21,56 \times \sin 20^\circ \\ &= 7,37 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah } y &= qdy = qD \text{ total} \times \cos \alpha \\ &= 21,56 \times \cos 20^\circ \\ &= 20,26 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup yang bekerja pada gording terdiri dari :

a. Beban Hidup Akibat Pelaksanaan (P)

$$\text{Beban pekerja} = 100 \text{ kg}$$

*[PPIUG 1983, Pasal 3.2.(2)b]*

$$\begin{aligned} \text{Arah } x &= Px = 100 \text{ kg} \times \sin 20^\circ \\ &= 34,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah } y &= Py = 100 \text{ kg} \times \cos 20^\circ \\ &= 93,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Beban Air Hujan (W)

Beban air hujan akan menumpu sesuai luasan atap. Beban maksimum air hujan tidak boleh lebih dari  $20 \text{ kg/m}^2$  dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atap lebih besar  $50^\circ$ .

$$W = 40 - 0,8\alpha < 20 \text{ kg/m}^2$$

$$W = 40 - 0,8 \times 20^\circ$$

$$W = 24 \text{ kg/m}^2 \text{ (pakai } 20 \text{ kg/m}^2 \text{)}$$

[PPIUG 1983, Pasal 3.2.(2)a]

Maka beban air hujan :

$$q_L = W \times l$$

$$= 20 \text{ kg/m}^2 \times 1,0 \text{ m} = 20 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah x (q}_x\text{)} = q_L \sin \alpha$$

$$= 20 \text{ kg/m} \times \sin 20^\circ$$

$$= 6,84 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah y (q}_y\text{)} = q_L \cos \alpha$$

$$= 20 \text{ kg/m} \times \cos 20^\circ$$

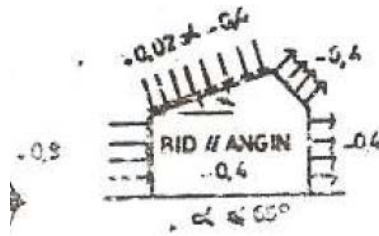
$$= 18,79 \text{ kg/m}$$

Dari hasil perhitungan didapat, beban pekerja lebih besar dari beban air hujan, maka yang perlu diperhitungkan adalah beban pekerja.

3. Beban Angin

Bangunan Gedung Kuliah Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, berdasarkan **PPIUG 1983 pasal 4.2.(2)**, maka nilai rencana tekanan tiup angin diambil  $25 \text{ kg/m}^2$ .

Koefisien angin menurut **PPIUG 1983 pasal 4.3 ayat 1** pada gedung tertutup dengan sudut kemiringan atap  $\alpha \leq 65^\circ$  adalah sebagai berikut :



**Gambar 5.4 Koefisien Angin**

Dari gambar di atas, dapat diketahui koefisien angin :

$$\text{Koefisien } W \text{ tekan } 1 = 0,02\alpha - 0,4$$

$$W \text{ tekan } 1 = (0,02 \cdot (20) - 0,4) \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,0 \text{ m} \\ = 0 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah } x = 0 \text{ kg/m} \cdot \sin 20^\circ = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Arah } y = 0 \text{ kg/m} \cdot \cos 20^\circ = 0 \text{ kg}$$

$$\text{Koefisien } W \text{ hisap } 2 = -0,4$$

$$W \text{ hisap } 2 = -0,4 \times 25 \text{ kg/m}^2 \times 1,0 \text{ m} \\ = -10 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah } x = -10 \text{ kg/m} \cdot \sin 20^\circ = -3,42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Arah } y = -10 \text{ kg/m} \cdot \cos 20^\circ = -9,4 \text{ kg/m}$$

Dari hasil perhitungan beban angin tersebut, maka untuk perencanaan gording diambil nilai beban angin terbesar yaitu  $q_x = 3,42 \text{ kg/m}$  dan  $q_y = 9,4 \text{ kg/m}$ .

#### **5.1.2.4 Analisa gaya dalam (momen) yang bekerja pada gording**

Untuk memperkecil nilai lendutan pada arah  $x$  gording, maka dipasang penggantung gording. Pada

perhitungan ini, direncanakan dipasang penggantung gording sejumlah 2 buah.

### Momen Arah X

1. Momen Akibat Beban Mati

$$Mx = \frac{1}{8} \times q_{Dx} \times (L_x)^2$$

$$Mx = \frac{1}{8} \times 7,37 \text{ kg/m} \times (2 \text{ m})^2$$

$$Mx = 3,68 \text{ kgm}$$

2. Momen Akibat Beban Hidup

$$Mx = \frac{1}{4} \times P_x \times (L_x)$$

$$Mx = \frac{1}{4} \times 34,2 \text{ kg} \times 2 \text{ m}$$

$$Mx = 17,1 \text{ kgm}$$

3. Momen Akibat Beban Angin

$$Mx = \frac{1}{8} \times q_{wx} \times (L_x)^2$$

$$Mx = \frac{1}{8} \times 6,84 \text{ kg/m} \times (2 \text{ m})^2$$

$$Mx = 3,42 \text{ kgm}$$

### Momen Arah Y

1. Momen Akibat Beban Mati

$$My = \frac{1}{8} \times q_{Dy} \times (L_y)^2$$

$$My = \frac{1}{8} \times 20,26 \text{ kg/m} \times (4 \text{ m})^2$$

$$My = 40,52 \text{ kgm}$$

2. Momen Akibat Beban Hidup

$$Mx = \frac{1}{4} \times P_y \times (L_y)$$

$$Mx = \frac{1}{4} \times 93,96 \text{ kg} \times 4 \text{ m}$$

$$Mx = 93,96 \text{ kgm}$$

3. Momen Akibat Beban Angin

$$My = \frac{1}{8} \times q_{wy} \times (L_y)^2$$

$$My = \frac{1}{8} \times 9,4 \text{ kg/m} \times (4 \text{ m})^2$$

$$My = 4,69 \text{ kgm}$$

### 5.1.2.5 Kombinasi Pembebanan

1. 1 DL + 1 LL

$$\begin{aligned} Mux &= (1 \times 3,68 \text{ kgm}) + (1 \times 17,1 \text{ kgm}) \\ &= 20,78 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= (1 \times 40,5 \text{ kgm}) + (1 \times 4,69 \text{ kgm}) \\ &= 134,46 \text{ kgm} \end{aligned}$$

2. 1 DL + 1 LL + 1 W

$$\begin{aligned} Mux &= (1 \times 3,68 \text{ kgm}) + (1 \times 3,42 \text{ kgm}) \\ &\quad + (1 \times 1,71 \text{ kgm}) \\ &= 8,81 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Muy &= (1 \times 40,5 \text{ kgm}) + (1 \times 37,6 \text{ kgm}) \\ &\quad + (1 \times 4,69 \text{ kgm}) \\ &= 82,79 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas telah diketahui bahwa  $M_{ux}$  terbesar = 20,78 kgm, dan  $M_{uy}$  terbesar adalah = 82,79 kgm.

Gording merupakan suatu balok yang menerima beban lentur. Menurut *SNI 03-1729-2002 pasal 8.1* tahanan balok terlentur harus memenuhi persyaratan :

$$\phi_b \cdot M_n > M_u$$

Dengan :  $\phi_b$  = 0,9  
 $M_n$  = tahanan momen nominal  
 $M_u$  = momen lentur

Dalam perhitungan tahanan momen nominal dibedakan antara penampang kompak, tak kompak, dan langsing. Adapun batasan penampang kompak, tak kompak, dan langsing adalah :

1. Penampang kompak :  $\lambda < \lambda_p$
2. Penampang tak kompak :  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
3. Langsing :  $\lambda < \lambda_r$

Tahanan nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak adalah :

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y$$

Dengan :

$M_n = M_p$  = tahanan momen plastis  
 $Z$  = modulus plastis  
 $f_y$  = kuat leleh

Sedangkan tahanan nominal pada saat  $\lambda = \lambda_r$  adalah :

$$M_n = M_r = (f_y - f_r) \cdot S$$

Dengan :

$f_y$  = tahanan leleh

$f_r$  = tegangan sisa (penampang gelas panas = 70 MPa, penampang dilas = 115 MPa)

S modulus penampang Cek kelangsingan penampang (profil LLC 125.50.20.4,0) :

$$\lambda_f = \frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{50}{2,4,0} = 6,25$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{125}{4,0} = 31,25$$

Berdasarkan **SNI 03-1729-2002**, syarat penampang kompak tidak boleh melebihi :

$$\frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97 \rightarrow \text{untuk sayap}$$

$$\frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44 \rightarrow \text{untuk badan}$$

$$\lambda_f < \lambda_p \rightarrow 6,25 < 10,97 \text{ (memenuhi)}$$

$$\lambda_w < \lambda_p \rightarrow 31,25 < 108,44 \text{ (memenuhi)}$$

Dapat disimpulkan bahwa penampang tersebut termasuk **penampang kompak**, maka :

1. Momen arah x

$$\begin{aligned} M_{nx} &= Z_y \cdot f_y = 9380 \cdot (240) \\ &= 2251200 \text{ Nmm} \\ &= 225,12 \text{ kgm} \end{aligned}$$

2. Momen arah y

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_x \cdot f_y = 34700 \cdot (240) \\ &= 8328000 \text{ Nmm} \\ &= 832,8 \text{ kgm} \end{aligned}$$



Maka, berdasarkan syarat balok terlentur :

1. Momen arah x

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_{nx} &> M_{ux} \\ 0,9.225,12 \text{ kgm} &> 20,78 \text{ kgm} \\ 202,608 \text{ kgm} &> 20,78 \text{ kgm} \rightarrow OK\end{aligned}$$

2. Momen arah y

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_{ny} &> M_{uy} \\ 0,9.15648 \text{ kgm} &> 82,79 \text{ kgm} \\ 14083,2 \text{ kgm} &> 82,79 \text{ kgm} \rightarrow OK\end{aligned}$$

#### 5.1.2.6 Kontrol tegangan

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{M_{ux}}{Z_y} + \frac{M_{uy}}{Z_x} \leq \delta \text{ ijin} \\ \delta &= \frac{2078}{9,38} + \frac{8279}{34,7} \leq 1600 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta &= 221,53 + 387,49 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \\ \delta &= 609,02 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow OK\end{aligned}$$

#### 5.1.2.7 Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan adalah menganalisa lendutan yang terjadi, apakah lendutan maksimum yang terjadi melebihi dari batas lendutan maksimum yang diijinkan atau tidak. Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan, serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut. Batas lendutan maksimum menurut *SNI 03-1729-2002 pasal 6.4.3 Tabel 6.4-1* adalah sebagai berikut :

**Tabel 5.1 Batas Lendutan Maksimum**

<b>Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor</b>	<b>Beban tetap</b>	<b>Beban sementara</b>
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	L/360	-
Balok Biasa	L/240	-
Kolom dengan analisa orde pertama saja	h/500	h/200
Kolom dengan analisis orde kedua	h/500	h/200

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{400}{240} = 1,667 \text{ cm}$$

a. Besar Lendutan Arah X ( $\Delta_x$ )

$$\Delta_x = \frac{5}{384} \times \frac{qD_x \times (L_x)^4}{E \times I_y} + \frac{1}{48} \times \frac{P_x \times (L_x)^3}{E \times I_y}$$

Di mana :

$\Delta_x$  = lendutan arah x (cm)

$qD_x$  = beban mati arah sumbu x (kg/cm)

$L_x$  = bentang arah sumbu x (cm)

$E$  =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$I_x$  = momen kelembaman pada sumbu x profil

$P_x$  = beban hidup arah sumbu x (kg)

sehingga,

$$\Delta_x = \frac{5}{384} \times \frac{0,216 \times (200)^4}{2 \times 10^6 \times 33,1} + \frac{1}{48} \times \frac{34,2 \times (200)^3}{2 \times 10^6 \times 33,1}$$

$$= 0,0232 + 0,0859 = 0,1091$$

b. Besar Lendutan Arah Y ( $\Delta_y$ )

$$\Delta_x = \frac{5}{384} \times \frac{q D_y \times (L_y)^4}{E \times I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_y \times (L_y)^3}{E \times I_x}$$

Di mana :

$\Delta_y$  = lendutan arah y (cm)

$q D_y$  = beban mati arah sumbu y (kg/cm)

$L_y$  = bentang arah sumbu y (cm)

$E$  =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$I_y$  = momen kelembaman pada sumbu y profil

$P_y$  = beban hidup arah sumbu y (kg)

sehingga,

$$\Delta_x = \frac{5}{384} \times \frac{0,216 \times (400)^4}{2 \times 10^6 \times 217} + \frac{1}{48} \times \frac{93,96 \times (400)^3}{2 \times 10^6 \times 217}$$

$$= 0,1556 + 0,2887 = 0,4443$$

c. Besar Resultan Lendutan Arah X ( $\Delta_x$ ) dan Lendutan Arah Y ( $\Delta_y$ )

$$\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} = \sqrt{(0,109)^2 + (0,444)^2}$$

$$= 0,457 \text{ cm}$$

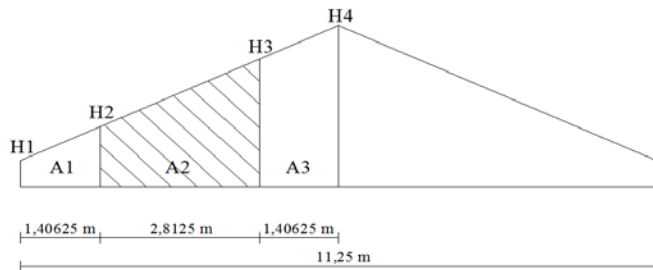
$$0,457 \text{ cm} < \Delta_{ijin} = 1,667 \text{ cm}$$

→ **syarat lendutan memenuhi**

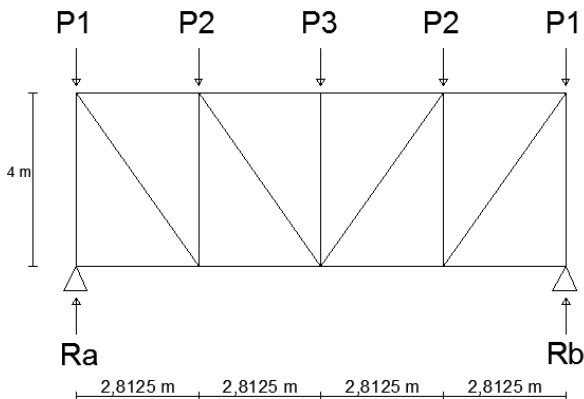
Maka, dalam perencanaan struktur atap Gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo digunakan gording dengan dimensi **LLC 125.50.20.4,0**

### 5.1.3 Perhitungan Ikatan Angin

Ikatan angin pada atap berfungsi untuk menahan beban angin yang mengenai dinding tepi bangunan. Hal ini bertujuan untuk menjaga kestabilan dari kuda-kuda itu sendiri. Dalam perhitungan ini, ikatan angin dianggap sebagai pengaku, sehingga hanya dihitung kelangsingannya saja.



Gambar 5.5 Bidang Kerja Ikatan Angin



Gambar 5.6 Gaya-Gaya Pada Ikatan Angin

### 5.1.3.3 Tinggi Bidang Tinjauan

$H_1 = 0,5 \text{ m}$  (tinggi kolom pendek)

$H_2 = 0,5 \text{ m} + (1,40625 \text{ m} \cdot \tan 20^\circ) = 1,011 \text{ m}$

$H_3 = 1,16 \text{ m} + (2,8125 \text{ m} \cdot \tan 20^\circ) = 2,0346 \text{ m}$

$H_2 = 2,0346 \text{ m} + (1,40625 \text{ m} \cdot \tan 20^\circ) = 2,546 \text{ m}$

### 5.1.3.4 Luas Bidang Tinjauan

$$A_1 = \frac{0,5 \text{ m} + 1,011 \text{ m}}{2} \cdot 1,40625 \text{ m} = 1,0625 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{1,011 \text{ m} + 2,0346 \text{ m}}{2} \cdot 2,8125 \text{ m} = 4,7207 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \frac{2,0346 \text{ m} + 2,546 \text{ m}}{2} \cdot 1,40625 \text{ m} = 3,2207 \text{ m}^2$$

### 5.1.3.5 Perhitungan Pembebanan

$$P = A \cdot q \cdot c$$

dimana :

$A$  = luas bidang tinjauan

$q$  = tekanan angin  $25 \text{ kg/m}^2$  (PPIUG 1983 pasal 4.2.(1))

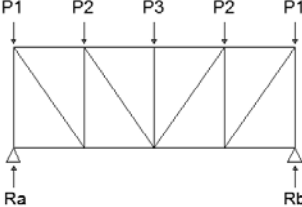
$c$  = koefisien angin  $0,4$  (PPIUG 1983 tabel 4.1)

$$\begin{aligned}
 P1 &= 1,0625 \text{ m}^2 \cdot 25 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,4 \\
 &= 10,625 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= 4,7207 \text{ m}^2 \cdot 25 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,4 \\
 &= 47,207 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

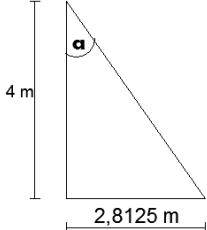
$$\begin{aligned}
 P2 &= 3,2207 \text{ m}^2 \cdot 25 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,4 \\
 &= 32,207 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

### 5.1.3.6 Perhitungan Reaksi Gaya Batang



$$\begin{aligned}
 R_a &= R_b \\
 &= \frac{2 P_1 + 2 P_2 + P_3}{2} \\
 &= \frac{2 \cdot 10,625 \text{ kg} + 2 \cdot 47,207}{2} \\
 &= 73,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

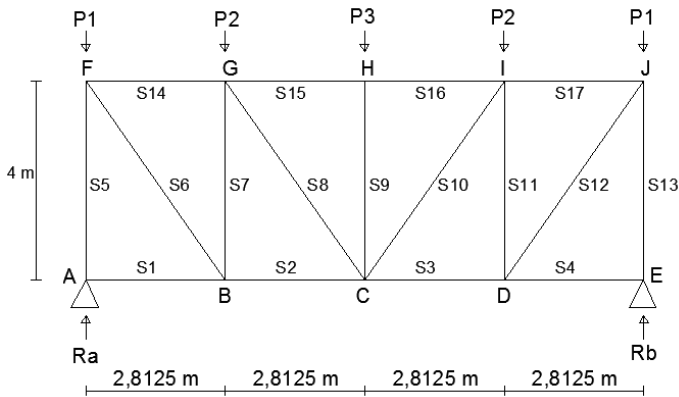
### 5.1.3.7 Sudut Ikatan Angin



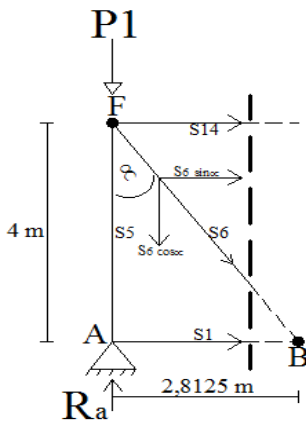
$$\begin{aligned}
 \tan \alpha &= \frac{2,8125 \text{ m}}{4 \text{ m}} \\
 \alpha &= \arctan \frac{2,8125 \text{ m}}{4 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

$$\alpha = 35,11^\circ$$

### 5.1.3.8 Berikut Gaya-Gaya Batang pada Ikatan Angin



a.



-Mencari S6

$$\begin{aligned}\Sigma V &= 0 \\ 0 &= S6 \cos \alpha + P1 - Ra \\ S6 &= \frac{-10,625 \text{ kg} +}{\cos 35,1}\end{aligned}$$

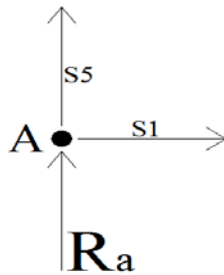
$$\begin{aligned}S6 &= \frac{63,31 \text{ kg}}{\cos 35,11^\circ} \\ S6 &= 77,391 \text{ kg (tarik)}\end{aligned}$$

- Mencari S14

$$\begin{aligned}\Sigma H &= 0 \\ S14 + S6 \sin \alpha &= 0 \\ S14 &= -77,391 \text{ kg} \sin 35,11^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S14 &= -44,111 \text{ kg} \\ S14 &= 44,111 \text{ kg (tekan)} \end{aligned}$$

b.

- Mencari S5

$$\Sigma V = 0$$

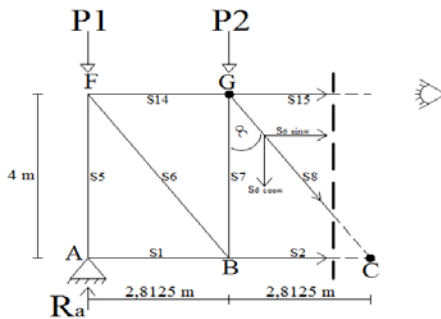
$$0 = S5 + Ra$$

$$S5 = -73,935 \text{ kg}$$

$$S5 = 73,935$$

(tekan)

c.

- Mencari S8

$$\Sigma V = 0$$

$$0 = S8 \cos \alpha + P1 - Ra + P2$$

$$S8 = \frac{-10,625 \text{ kg} + 73,935 \text{ kg} - 47,207 \text{ kg}}{\cos 35,11^\circ}$$

$$S8 = \frac{16,102 \text{ kg}}{\cos 35,11^\circ}$$

$$S8 = 19,683 \text{ kg (tarik)}$$

- Mencari S15

$$\Sigma M = 0$$

$$0 = S15 \cdot 4 \text{ m} - P1 \cdot 5,625 \text{ m} + Ra \cdot 5,625 \text{ m} - P2 \cdot 2,8125 \text{ m}$$



$$S15 = \frac{10,625 \text{ kg} \cdot 5,625 \text{ m} - 73,935 \text{ kg} \cdot 5,625 \text{ m} + 47,207 \text{ kg} \cdot 2,8125 \text{ m}}{4 \text{ m}}$$

$$S15 = \frac{-223,32 \text{ kg} \cdot \text{m}}{4 \text{ m}}$$

$$S15 = -55,831 \text{ kg}$$

$$S15 = 55,831 \text{ kg (tekan)}$$

- Mencari S2

$$\Sigma M = 0$$

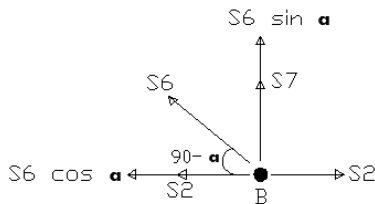
$$0 = -S2 \cdot 4 \text{ m} - P1 \cdot 2,8125 \text{ m} + Ra \cdot 2,8125 \text{ m}$$

$$S2 = \frac{-10,625 \text{ kg} \cdot 2,8125 \text{ m} + 73,935 \text{ kg} \cdot 2,8125 \text{ m}}{4 \text{ m}}$$

$$S2 = \frac{178,04 \text{ kg} \cdot \text{m}}{4 \text{ m}}$$

$$S2 = 44,511 \text{ kg (tarik)}$$

d.



- Mencari S7

$$90^\circ - \alpha = 90^\circ - 35,11^\circ = 54,89^\circ$$

$$\Sigma V = 0$$

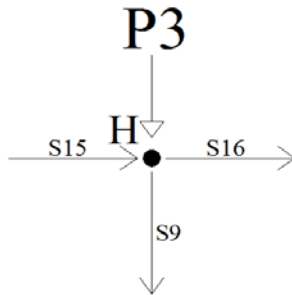
$$0 = S7 + S6 \sin \alpha$$

$$S7 = -77,391 \text{ kg} \sin 54,89^\circ$$

$$S7 = -63,309 \text{ kg}$$

$$S7 = 63,309 \text{ kg (tekan)}$$

e.



- Mencari S9

$$\sum V = 0$$

$$0 = -P3 - S9$$

$$S9 = -32,207 \text{ kg}$$

$$S9 = 32,207 \text{ kg (tekan)}$$

Tabel 5.2 Gaya Batang Ikatan Angin

Batang	Tarik	Tekan
S1	0	0
S2	44,511 kg	
S3	44,511 kg	
S4	0	0
S5		73,935 kg
S6	77,391 kg	
S7		63,309 kg
S8	19,683 kg	
S9		32,207 kg
S10	19,683 kg	
S11		63,309 kg
S12	77,391 kg	
S13		73,935 kg
S14		44,511 kg
S15		55,831 kg
S16		55,831 kg
S17		44,511 kg

Gaya batang maksimum terletak pada S6 dan S12 yaitu 77,391 kg

### 5.1.3.9 Perhitungan Dimensi Ikatan Angin

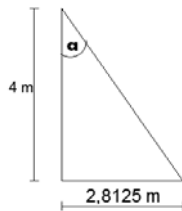
$$A \geq \frac{S_{maks}}{\sigma_{ijin}} = \frac{77,391 \text{ kg}}{1600 \text{ kg/cm}^2} = 0,05 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$d_{rencana} = \sqrt{\frac{A}{\frac{1}{4}\pi}} = \sqrt{\frac{0,05 \text{ cm}^2}{\frac{1}{4}\pi}} = 0,79 \text{ cm} = 7,9 \text{ mm}$$

$$\text{syarat diameter minimum} = \frac{L}{500}$$

(PPBBI 1984 pasal 3.3.4)



$$L = \sqrt{(4 \text{ m})^2 + (2,8125 \text{ m})^2}$$

$$= 4,89 \text{ m} = 489 \text{ cm}$$

$$d_{\min} = \frac{L}{500}$$

$$= \frac{489 \text{ cm}}{500}$$

$$= 0,98 \text{ cm} = 9,8 \text{ mm} \approx 10 \text{ mm}$$

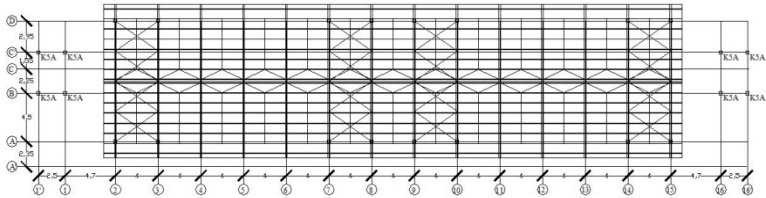
$$d_{rencana} = 7,9 \text{ mm} > d_{\min} = 10 \text{ mm} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

Maka dalam perencanaan struktur atap Gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo digunakan ikatan angin dengan dimensi Ø10 mm

### 5.1.4 Perhitungan Kolom Pendek

Dalam Struktur atap ini digunakan kolom pendek baja WF yang akan dihubungkan dengan kolom struktur bangunan yang terbuat dari beton. Kolom pendek

menerima gaya dari kuda-kuda dan elemen penyusun struktur atap yang ada di atasnya, besarnya gaya dapat dilihat di program bantu SAP 2000



Gambar 5.7 Denah Kolom Pendek

#### 5.1.4.1 Data Perencanaan

##### - Profil Kolom Pendek WF 250.175.7.11

Tinggi profil (d)	: 250 mm
Lebar profil (b)	: 175 mm
Berat sendiri	: 44,1 kg/m
Corner Radius (r)	: 16 mm
Tebal sayap (tf)	: 11 mm
Tebal badan (tw)	: 7 mm
Momen Inersia ( $I_x$ )	: 1840 cm <sup>4</sup>
Momen Inersia ( $I_y$ )	: 134 cm <sup>4</sup>
Section Area ( $A_g$ )	: 56,24 cm <sup>2</sup>
Radius of Gyration ( $i_x$ )	: 10,4 cm
Radius of Gyration ( $i_y$ )	: 4,18 cm
Section Modulus ( $Z_x/S_x$ )	: 502 cm <sup>3</sup>
Section Modulus ( $Z_y/S_y$ )	: 113 cm <sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 h &= d - 2 (tf + r) \\
 &= 250 - 2 (11 \text{ mm} + 16 \text{ mm}) \\
 &= 196 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Modulus Elastisitas (E)	= 200.000 MPa
- Faktor panjang tekuk (kc)	= 0,5 (jepit-jepit)
- Mutu baja	= BJ 37
	$f_y = 240 \text{ MPa}$
	$f_u = 370 \text{ MPa}$

- Faktor residu (fr) = 70 MPa
- Panjang komponen arah x (Lx) = 50 cm
- Panjang komponen arah y (Ly) = 50 cm

#### 5.1.4.2 Data Output SAP 2000 frame 961 (akibat beban kombinasi 1,2DL+1,6H+0,8W)



$P_u = 2212,61 \text{ kg}$



$V_u = 883,77 \text{ kg}$



$M_{ux} = 1028,92 \text{ kg.m}$



$M_{uy} = 0,66 \text{ kg.m}$

### 5.1.5.1 Kontrol Kelangsingan Kolom pendek

1. Ditinjau terhadap sayap (flens)

$$\frac{b}{2 \cdot t_f} < \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{175 \text{ mm}}{2 \cdot 11 \text{ mm}} < \frac{170}{\sqrt{240}}$$

$$7,95 < 10,97 \quad \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

2. Ditinjau terhadap badan (Web)

$$\frac{h}{t_w} < \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{196 \text{ mm}}{7 \text{ mm}} < \frac{1680}{\sqrt{240}}$$

$$28 < 108,45 \quad \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

(SNI 03-1729-2002 tabel 7.5-1)

Karena Penampang Kompak, Maka  $M_n = M_p$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 7.6.4)

$$\lambda = \frac{L_k}{i_x} \rightarrow L_k = k_c \cdot L$$

(SNI 03-1729-2002 pasal 9.3.3)

dimana :

$\lambda$  = kelangsingan

$k_c$  = faktor panjang tekuk

$L$  = panjang komponen struktur

$i_x$  = jari-jari giras komponen struktur

$$\lambda_x = \frac{k_c \cdot L_x}{i_x} = \frac{0,5 \cdot 50 \text{ cm}}{10,4 \text{ cm}} = 2,4$$

$$\lambda_y = \frac{k_c \cdot L_y}{i_y} = \frac{0,5 \cdot 50 \text{ cm}}{4,18 \text{ cm}} = 5,98$$

Maka yang digunakan dalam perhitungan ,  $\lambda_{pakai} = 5,98$

sehingga :

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$\lambda_c = \frac{5,98}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{2000000 \text{ kg/cm}^2}} = 0,07$$

Maka didapatkan koefisien faktor tekuk struktur  
sebagai berikut :

$$\lambda_c = 0,07 \leq 0,25 \text{ maka } \omega = 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2002, Pasal 7.6.2})$$

#### 5.1.5.2 Momen Nominal Kolom Pendek Akibat Tekuk Lokal

$$\begin{aligned} Z_x &= b \cdot t_f \cdot (d - t_f) + \frac{1}{4} \cdot t_w \cdot (d - 2 \cdot t_f)^2 \\ &= 175 \text{ mm} \cdot 11 \text{ mm} \cdot (250 \text{ mm} - 11 \text{ mm}) + \frac{1}{4} \cdot 7 \\ &\quad \text{mm} \cdot (250 \text{ mm} - 2 \cdot 11 \text{ mm})^2 \\ &= 460075 \text{ mm}^3 + 90972 \text{ mm}^3 \\ &= 551047 \text{ mm}^3 = 551,047 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_y &= \frac{1}{2} \cdot t_f \cdot b^2 + \frac{1}{4} (d - 2 \cdot t_f) t_w^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 11 \text{ mm} \cdot (175 \text{ mm})^2 + \frac{1}{4} (250 \text{ mm} - 2 \cdot 11 \\ &\quad \text{mm}) (7 \text{ mm})^2 \\ &= 168437,5 \text{ mm}^3 + 2793 \text{ mm}^3 \\ &= 171230,5 \text{ mm}^3 = 171,23 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nx} = M_{px} &= Z_x \cdot f_y \\ &= 551,047 \text{ cm}^3 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1322512,8 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} = M_{py} &= Z_y \cdot f_y \\ &= 171,23 \text{ cm}^3 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 410952 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

#### 5.1.5.3 Kontrol Kuat Tekan Penampang Kolom Pendek

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{A_g \cdot f_y}{\omega} \\ &= \frac{56,24 \text{ cm}^2 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2}{1} \\ &= 134976 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\varphi P_n = 0,85 \cdot 134976 \text{ kg} = 114729,6 \text{ kg}$$

Cek Syarat :

$$P_u < \varphi P_n$$

$$4461,04 \text{ kg} < 55406,4 \text{ kg} \quad (\text{Memenuhi Syarat})$$

$$\frac{P_u}{\varphi P_n} = \frac{2212,61 \text{ kg}}{114729,6 \text{ kg}} = 0,02$$

$$\text{Bila } \frac{P_u}{\varphi P_n} = 0,02 < 0,2$$

maka digunakan persamaan interaksi sebagai berikut:

$$\frac{P_u}{2\varphi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\varphi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi M_{ny}} \right) < 1,0$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 11.3)*

$$\frac{2212,61 \text{ kg}}{2 \cdot 114729,6 \text{ kg}} + \left( \frac{102892 \text{ kg.cm}}{0,9 \cdot 1322512,8 \text{ kg.cm}} + \frac{66 \text{ kg.cm}}{0,9 \cdot 410952 \text{ kg.cm}} \right) < 1,0$$

$$0,00964 \quad + \quad 0,08644 \quad + \quad 0,00018 \quad < 1,0$$

$$0,09626 \quad < 1,0$$

(Memenuhi Syarat)

#### 5.1.4.6 Kontrol Geser Penampang Kolom Pendek

$$\frac{h}{tw} < \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{196}{7} < \frac{1100}{\sqrt{240}}$$

$$26 < 71 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 8.8.3)*

dimana :



$V_n$  = kuat geser nominal  
 $f_y$  = 240 MPa  
 $A_w$  = luas kotor pelat badan

$$\begin{aligned}
 A_w &= d \cdot t_w \\
 &= 250 \text{ mm} \cdot 7 \text{ mm} \\
 &= 1750 \text{ mm}^2 = 17,5 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 17,5 \text{ cm}^2 \\
 &= 25200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,9 \cdot 25200 \text{ kg} \\
 &= 22680 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

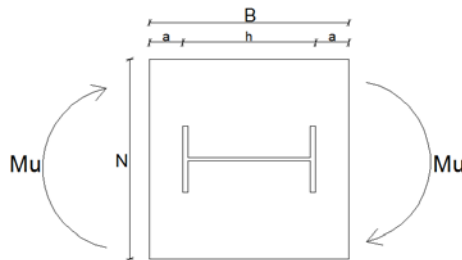
Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}
 V_u &= 883,77 \text{ kg} < \phi V_n = 22680 \text{ kg} \\
 &\text{(Memenuhi Syarat)}
 \end{aligned}$$

## 5.1.5 Perhitungan Pelat Landas

### 5.1.1 Perencanaan Dimensi Pelat Landas

Sebelum beban kolom baja diteruskan ke pondasi, beban diterima terlebih dahulu oleh pelat landas yang berfungsi meratakan tekanan kolom pada pondasi.



Gambar 5.8 Pelat Landas

Data output SAP 2000 frame 961 (akibat beban kombinasi 1,2 DL + 1,6 H + 0,8W)



$P_u = 2212,61 \text{ kg}$



$V_u = 883,77 \text{ kg}$



$M_u = 1028,92 \text{ kg.m}$

### 5.1.2 Direncanakan dimensi pelat landas sebagai berikut

Panjang (B)	= 30 cm	= 300 mm
Lebar (N)	= 30 cm	= 300 mm
Mutu beton ( $f_c'$ )	= 30 N/mm <sup>2</sup>	= 300 kg/cm <sup>2</sup>
Mutu baja	= BJ 37	
	$f_y = 240 \text{ MPa}$	
	$f_u = 370 \text{ MPa}$	

$$\sigma_{ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \sigma &< \sigma_{beton} \\ \sigma &< 0,85 \cdot f_c' \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{p \times l} < 0,85 \cdot f_c'$$

$$\frac{2212.61 \text{ kg}}{30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}} < 0,85 \cdot 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$2,46 \text{ kg/cm}^2 < 255 \text{ kg/cm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{M}{P} \\ e &= \frac{102892 \text{ kg.cm}}{2212.61 \text{ kg}} \\ e &= 46,50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= B \cdot N \\ &= 30 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} \\ &= 900 \text{ cm}^2 \\ W &= \frac{1}{6} \cdot B \cdot N^2 \\ &= \frac{1}{6} \cdot 30 \text{ cm} \cdot (30 \text{ cm})^2 \\ &= 4500 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{P}{A} + \frac{M}{W} \\ \sigma_{\max} &= \frac{2212.61 \text{ kg}}{900 \text{ cm}^2} + \frac{102892 \text{ kg.cm}}{4500 \text{ cm}^3} \\ \sigma_{\max} &= 25,32 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\min} &= \frac{P}{A} - \frac{M}{W} \\ \sigma_{\min} &= \frac{2212.61 \text{ kg}}{900 \text{ cm}^2} - \frac{102892 \text{ kg.cm}}{4500 \text{ cm}^3} \\ \sigma_{\min} &= -20,41 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tegangan terbesar yaitu  $\sigma_{\max} = 25,32 \text{ kg/cm}^2$

### 5.1.3 Menentukan tebal pelat landas

$$a = \frac{l-h}{2}$$

dimana :

$h$  = tinggi penampang kolom pendek baja

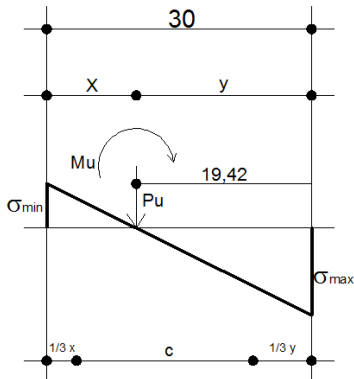
$$a = \frac{300 \text{ mm} - 250 \text{ mm}}{2} \\ = 25 \text{ mm} = 2,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{pelat}} &= \frac{1}{2} \cdot \sigma \cdot a \cdot N \\ &= \frac{1}{2} \cdot 25,32 \text{ kg/cm}^2 \cdot 2,5 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} \\ &= 949,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{M_{\text{pelat}}}{W} = \frac{6 \cdot M_{\text{pelat}}}{N \cdot t^2} \\ 1600 \text{ kg/cm}^2 &= \frac{6 \cdot 949,5 \text{ kg}}{30 \text{ cm} \cdot t^2} \\ t^2 &= 0,12 \text{ cm} \\ t &= 0,34 \text{ cm} = 3,4 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tebal pelat landas yang digunakan adalah 5 mm

#### 5.1.4 Perencanaan Angker



Gambar 5.9 Diagram Tegangan pada Pedestal

$$\begin{aligned}
 \frac{\sigma_{min}}{x} &= \frac{\sigma_{min} + \sigma_{max}}{l} \\
 (\sigma_{min} + \sigma_{max}) \cdot x &= \sigma_{min} \cdot l \\
 (20,41 \text{ kg/cm}^2 + 25,32 \text{ kg/cm}^2) \cdot x &= 20,41 \text{ kg/cm}^2 \cdot 30 \text{ cm} \\
 45,73 \text{ kg/cm}^2 \cdot x &= 612,3 \text{ kg/cm} \\
 x &= 13,39 \text{ cm} \\
 y &= N - x \\
 &= 30 \text{ cm} - 13,39 \text{ cm} \\
 &= 16,61 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{min} &= 1,5 \cdot 2 \cdot t_f \\
 &= 1,5 \cdot 2 \cdot 11 \text{ mm} \\
 &= 33 \text{ mm} = 3,3 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1/3 x &= 1/3 \cdot 13,39 \text{ cm} \\
 &= 4,46 \text{ cm} > S_{min}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1/3 y &= 1/3 \cdot 16,61 \text{ cm} \\
 &= 5,54 \text{ cm} > S_{min}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r &= (0,5 \cdot N) - 1/3 y \\
 &= (0,5 \cdot 30 \text{ cm}) - 5,54 \text{ cm} \\
 &= 9,46 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= 1 - 1/3 x - 1/3 y \\
 &= 30 \text{ cm} - 4,46 \text{ cm} - 5,54 \text{ cm} \\
 &= 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &= \frac{M + P \cdot r}{C} \\
 &= \frac{102892 \text{ kgcm} + 2212,61 \text{ kg} \cdot 9,46 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} \\
 &= 6191,16 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan :

1. Ditinjau dari tahanan leleh :

$$P_u = A_g \cdot f_y \cdot \phi$$

$$5683,88 \text{ kg} = A_g \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 0,75$$

*(SNI 03-1729-2002 pasal 10.1)*

$$A_{g1} = \frac{6191,16 \text{ kg}}{2400 \text{ kg/cm}^2 \cdot 0,75}$$

$$A_{g1} = 3,44 \text{ cm}^2$$

2. Ditinjau dari tahanan putus :

$$P_u = 0,75 \cdot A_g \cdot f_u \cdot \phi$$

$$6191,16 \text{ kg} = 0,75 \cdot A_g \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2 \cdot 0,75$$

$$A_{g2} = \frac{6191,16 \text{ kg}}{0,75 \cdot 3700 \text{ kg/cm}^2 \cdot 0,75}$$

$$A_{g2} = 2,97 \text{ cm}^2$$

$$A_{g1} = 3,44 \text{ cm}^2 > A_{g2} = 2,97 \text{ cm}^2$$

sehingga dipakai  $A_{g1} = 3,44 \text{ cm}^2$

Dipakai baut diameter 16 mm

$$A_s \text{ baut} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2$$

$$= 201,06 \text{ mm}^2 = 2,01 \text{ cm}^2$$

Bila digunakan 4 sisi baut, maka tiap sisi A baut perlu

$$\text{adalah } \frac{3,44 \text{ cm}^2}{4} = 0,86 \text{ cm}^2$$

$$\text{Baut perlu tiap sisi} = \frac{0,86 \text{ cm}^2}{2,01 \text{ cm}^2} = 0,42 \approx 2 \text{ buah}$$

Maka diperlukan 2 angkur diameter 16 mm pada tiap sisinya.

Karena 2 angkur tidak memenuhi syarat tata letak maka diperlukan 4 angkur diameter 16 mm untuk memenuhi syarat tata letak.

- Kontrol Tahanan Geser Angker

$$V_u = 8837,7 \text{ N}$$

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b$$

$$= 4 \text{ buah} \cdot 0,4 \cdot 340 \text{ N/mm}^2 \cdot 201,06 \text{ mm}^2$$

$$= 109376,64 \text{ N}$$

$$V_u < R_n$$

$$8837,7 \text{ N} < 109376,64 \text{ N} \rightarrow (\text{memenuhi})$$

Maka baut angkur dapat digunakan untuk menahan gaya geser

- Panjang penyaluran anker dengan beton

$$\text{Keliling Penampang } L = 0,8f_c'$$

$$\pi \cdot d^2 \cdot L = 0,8f_c'$$

$$L = \frac{0,8f_c'}{\pi \cdot d^2} = \frac{0,8 \cdot 300 \text{ kg/cm}^2}{\pi \cdot (1,6 \text{ cm})^2} =$$

$$29,84 \text{ cm} = 298,4 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran angkur adalah 300 mm

### 5.1.5 Menghitung sambungan las kolom WF pada pelat landas

Direncanakan :

Data Perencanaan Sambungan las :

Tebal plat baja : 5 mm

Fu<sub>w</sub> : 490 Mpa

Tebal bagian paling tebal, t (mm)	Tebal minimum las sudut (mm)
$t \leq 7$	3
$7 \leq t \leq 10$	4
$10 \leq t \leq 15$	5
$15 \leq t$	6

**Tabel 5.3 Ukuran Minimum Las Sudut**

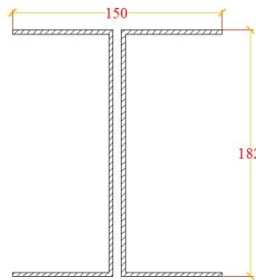
$a$  : 3mm  
 $te$  (tebal efektif las) :  $0,707 \times a = 0,707 \times 3mm$   
: 2,121 mm  $\approx$  3 mm  
Mutu Baja : BJ 37  
 $F_y$  : 240 Mpa  
 $F_u$  : 370 Mpa

Data Output SAP Akibat kombinasi 1,2D + 1,6H + 0,8W :

$P_u = 2212,61$  kg

$V_u = 883,77$  kg

$M_u = 1028,925$  kg.m



Gambar 5.10 Modulus Penampang Las

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= 2 \cdot (175 \text{ mm} + 250 \text{ mm}) \\
 &= 850 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= ((b \cdot d) + (d^2/6)) \cdot 2 \\
 &= ((175 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}) + ((250 \text{ mm})^2/6)) \cdot 2 \\
 &= 64583,333 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Tahanan terhadap bahan dasar las

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= 0,75 \cdot te \cdot 0,6 \cdot f_{uw} \\
 &= 0,75 \cdot 3 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot 490 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 661,5 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

- Tahanan terhadap bahan dasar baja



$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= 0,75 \cdot t \cdot 0,6 \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 5 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot 370 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 832,5 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$\Phi R_n$  bahan dasar las = 661,5 N/mm <  $\Phi R_n$  bahan dasar baja = 832,5 N/mm

sehingga dipakai  $\Phi R_n$  bahan dasar las = 661,5 N/mm = 66,15 kg/mm

o Tinjau Tarik

$\Phi R_n > P_u$

$$66,15 \text{ kg/mm} \cdot L_{\text{total}} > 2212,61 \text{ kg}$$

$$56227,5 \text{ kg} > 2212,61 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

o Tinjau Geser

$\Phi R_n > V_u$

$$66,15 \text{ kg/mm} \cdot L_{\text{total}} > 883,77 \text{ kg}$$

$$56227,5 \text{ kg} > 883,77 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

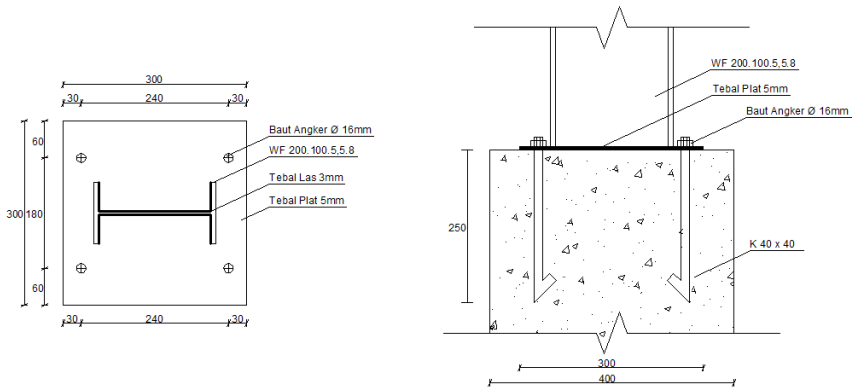
o Tinjau Momen

$\Phi R_n \cdot S > M_u$

$$66,15 \text{ kg/mm} \cdot S > 102892,5 \text{ kg.cm}$$

$$4272187,5 \text{ kg.mm} > 102892,5 \text{ kg.cm}$$

$$427218,75 \text{ kg.cm} > 102892,5 \text{ kg.cm} \quad (\text{memenuhi})$$



Gambar 5.11 Detail Penampang Pelat landas dan Angker

### 5.1.6 Perhitungan Penggantung Gording

Penggantung Gording dipasang sebagai penguat sumbu lemah. Dalam hal ini, sumbu lemah gording adalah sumbu y. Maka dipasang penggantung gording yang tegak lurus dengan sumbu y, yaitu sumbu x untuk memperkuat penampang gording saat menerima beban searah sumbu y. Perhitungan berikut memakai 1 penggantung gording dengan jarak antar penggantung gording 2 m seperti gambar di bawah ini.

#### 5.1.6.1 Analisis pembebanan

Berikut adalah beban-beban yang bekerja pada penggantung gording :

##### 1. Beban Mati (DL)

Berat sendiri profil :

$$7,5 \text{ kg/m} \times 4/2 \text{ m} = 15 \text{ kg/m}$$

Berat penutup atap (seng) :

$$10 \text{ kg/m} \times 4/2 \text{ m} = 20 \text{ kg/m} + 35 \text{ kg/m}$$

Berat lain-lain diasumsikan 10% dari beban mati yang terjadi ( $10\% \times q_d$ )

$$= 10\% \times 35 \text{ kg/m} = 3,5 \text{ kg/m} +$$

$$qD \text{ total} = 38,5 \text{ kg/m}$$

Karena beban

Arah  $x = qdx = qD_{\text{total}} \times \sin \alpha \times \text{lebar efektif}$

gording yang membebani penggantung

$$qdx = 38,5 \text{ kg/m} \times \sin 20^\circ \times 2,0 \text{ m}$$

$$qdx = 26,34 \text{ kg}$$

## 2. Beban Hidup (LL)

Beban hidup pekerja (P) = 100 kg

$$\text{Arah } x = Px = P \times \sin \alpha$$

$$Px = 100 \text{ kg} \times \sin 20^\circ$$

$$Px = 34,2 \text{ kg}$$

Maka, beban total tiap 1 gording (w) adalah jumlah beban mati ditambah beban hidup.

$$w = qdx + Px$$

$$= 26,34 \text{ kg} + 34,2 \text{ kg}$$

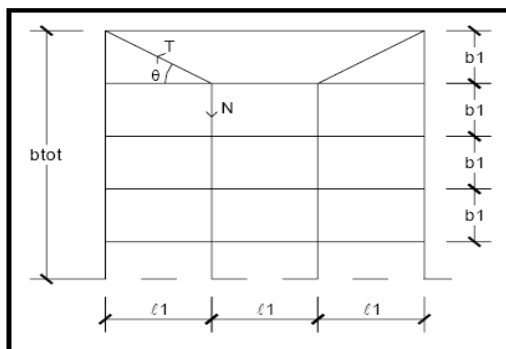
$$w = 60,54 \text{ kg}$$

Jumlah gording yang menjadi beban penggantung gording (n) = 7 buah. Maka beban total seluruhnya (w total) adalah :

$$w \text{ total} = w \times n$$

$$= 60,54 \text{ kg} \times 7 \text{ buah}$$

$$w \text{ total} = 423,78 \text{ kg}$$



***Gambar 5.12 Gaya Yang Bekerja Pada Gording***

$$\begin{aligned}\tan \alpha &= \frac{1 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} \\ \alpha &= \arctan \frac{1 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} \\ \alpha &= 26,57^\circ\end{aligned}$$

**5.1.6.2** Perhitungan gaya penggantung gording (T)

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ T \sin \alpha - W &= 0 \\ T &= \frac{W}{\sin \alpha} \\ T &= \frac{423,78 \text{ kg}}{\sin 26,57^\circ} \\ T &= 947,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

**5.1.6.3** Perencanaan batang tarik

- Terhadap leleh (  $W = \phi \cdot f_y \cdot A_g$  )

$$\begin{aligned}A_g \text{ perlu} &= \frac{W}{\phi \cdot f_y} = \frac{947,6 \text{ kg}}{0,9 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 0,438 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

- Terhadap batas putus (  $W = \phi \cdot f_u \cdot A_g$  )

$$\begin{aligned}A_g \text{ perlu} &= \frac{W}{\phi f_u \cdot 0,75} \\ &= \frac{947,6 \text{ kg}}{0,75 \cdot 2400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 0,75} \\ &= 0,702 \text{ cm}^2 \text{ ( menentukan )}\end{aligned}$$

$$A_g \text{ perlu} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

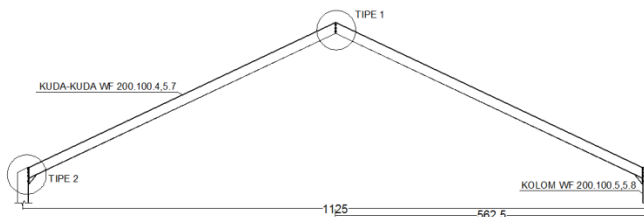
$$d = \sqrt{\frac{0,702 \text{ cm}^2}{\frac{1}{4} \times \pi}}$$

$$d = 0,945 \text{ cm} = 1 \text{ cm}$$

Maka, dalam perencanaan struktur atap Gedung Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sidoarjo digunakan penggantung gording dengan dimensi  $\varnothing 10 \text{ mm}$

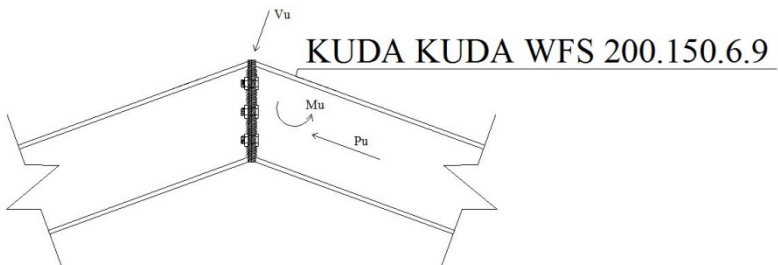
### 5.1.7 PERHITUNGAN SAMBUNGAN ATAP

Struktur baja merupakan gabungan dari komponen batang yang di satukan dengan alat penyambung yang berupa baut dan las. Pada struktur kuda-kuda rangka kaku ini menggunakan sambungan baut dan sambungan las dan pada perhitungan akan di tinjau dari dua macam sambungan (sambungan antar kuda-kuda dan sambungan kuda-kuda dengan kolom) sebagai berikut :



Gambar 5.10 Letak Titik Sambungan yang Ditinjau

#### 5.1.7.1 Sambungan Tipe 1 :



Gambar 5.11 Rencana Sambungan Antar Kuda-kuda

Data output SAP 2000 frame 931 :  
Akibat kombinasi beban 1,2 DL + 1,6 H + 0,8 W



$$P_u = 1457,15 \text{ Kg}$$

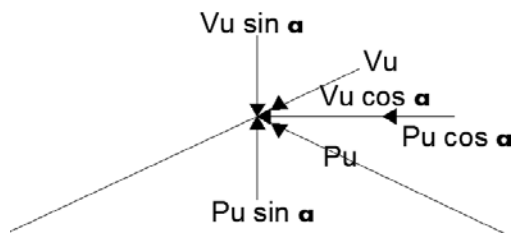


$$V_u = 1131,29 \text{ Kg}$$



$$M_u = 1517,31 \text{ Kg.m}$$

Penguraian gaya pada sambungan yang di tinjau :



$$\begin{aligned}
 V_u \sin \alpha &= 1131,29 \text{ kg} \cdot \sin 20^\circ = 386,92 \text{ kg} \\
 V_u \cos \alpha &= 1131,29 \text{ kg} \cdot \cos 20^\circ = 1063,1 \text{ kg} \\
 P_u \sin \alpha &= 1457,15 \text{ kg} \cdot \sin 20^\circ = 498,4 \text{ kg} \\
 P_u \cos \alpha &= 1457,15 \text{ kg} \cdot \cos 20^\circ = 1369,27 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_uH &= V_u \cos \alpha + P_u \cos \alpha \\
 &= 1063,1 \text{ kg} + 1369,27 \text{ kg} \\
 &= 2432,37 \text{ kg} \\
 P_uV &= P_u \sin \alpha - V_u \sin \alpha \\
 &= 498,4 \text{ kg} - 386,92 \text{ kg} \\
 &= 111,48 \text{ kg} \\
 M_u &= 1517,31 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

**a. Perhitungan sambungan Las**

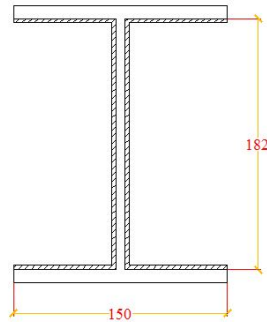
- Data Perencanaan Sambungan
  - Tebal pelat baja : 9 mm
  - $f_{uw}$  : 490 Mpa

Tabel 5.4 Ukuran Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, t (mm)	Tebal minimum las sudut (mm)
$t \leq 7$	3
$7 \leq t \leq 10$	4
$10 \leq t \leq 15$	5
$15 \leq t$	6

a : 4 mm

te (tebal efektif las)	: $0,707 \cdot a = 0,707 \cdot 4 \text{ mm}$ = $2,828 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$
Mutu Baja	: BJ 37
$f_y$	: 240 Mpa
$f_u$	: 370 Mpa
$\alpha$	: $20^\circ$



Gambar 5.12 Detail Sambungan Las

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= (2 \cdot 182 \text{ mm}) + (2 \cdot (150 \text{ mm} - 6 \text{ mm})) \\
 &= 362 \text{ mm} + 288 \text{ mm} \\
 &= 650 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Tahanan terhadap bahan dasar las :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot te \cdot 0,6 \cdot f_{uw} \\
 &= 0,75 \cdot 3 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot 490 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 661,5 \text{ N/mm} \\
 &\quad \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10)}
 \end{aligned}$$

- Tahanan terhadap bahan dasar baja :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot te \cdot 0,6 \cdot f_u \\
 &\quad \text{(SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.3.10)} \\
 &= 0,75 \cdot 3 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot 370 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 499,5 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$



$\sigma_{Rn}$  bahan dasar las = 661,5 N/mm  $>$   $\sigma_{Rn}$  bahan dasar baja = 499,5 N/mm sehingga dipakai  $\sigma_{Rn}$  bahan dasar baja = 499,5 N/mm

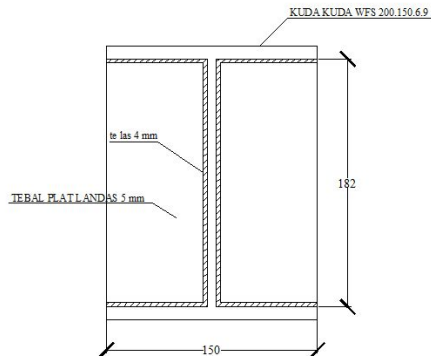
- **Geser sentris**

$$P_u = \frac{P_u H}{L_{total}} = \frac{1457,15 \text{ kg}}{650 \text{ mm}} = 2,24 \text{ kg/mm} = 22,4 \text{ N/mm}$$

cek syarat :

$$P_u \leq \sigma_{Rn}$$

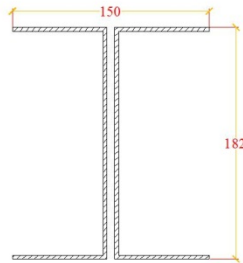
$$22,4 \text{ N/mm} \leq 499,5 \text{ N/mm} \text{ (memenuhi)}$$



Gambar 5.13 Detail Sambungan Las Geser Sentris

- **Geser Lentur**

Detail sambungan las :



Gambar 5.14 Modulus Penampang Las WF

Menghitung Modulus penampang (S):

$$\begin{aligned}
 S &= ((b \cdot d) + (d^2/6)) \cdot 2 \\
 &= ((150 \text{ mm} \cdot 182 \text{ mm}) + (182 \text{ mm})^2/6)) \cdot 2 \\
 &= 38341,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

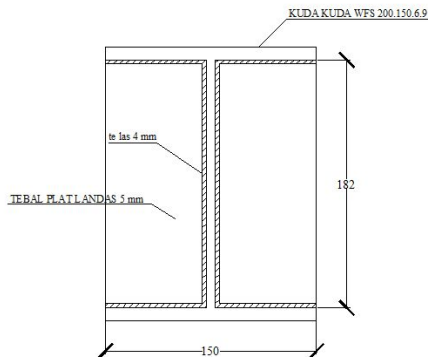
$$R_n = \frac{Mu}{S} = \frac{15173100 \text{ Nmm}}{38341,33 \text{ mm}^2} = 395,74 \text{ N/mm}$$

Cek Syarat :

$$R_n \leq \phi R_n$$

$$395,74 \text{ N/mm} \leq 499,5 \text{ N/mm}$$

(memenuhi)



Gambar 5.15 Detail Sambungan Las Geser Lentur

### b. Perhitungan sambungan Baut

- Data perencanaan Sambungan

$f_{ub}$  : 810 Mpa  
 $r$  : 0,4 (dengan ulir)

Diameter baut : 16 mm

Mutu Baja : BJ 37

$F_y$  : 240 Mpa

$F_u$  : 370 Mpa

(Tebal plat minimum dapat diperoleh dari **Tabel 4.2**)

Tebal Plat : 9 mm

$\alpha$  :  $20^\circ$

$m$  : 1

$U$  : 0,75

$A_g$  :  $t_p \cdot b = 8 \cdot 100 = 800 \text{ mm}^2$

Tahanan satu baut :

- Tahanan terhadap geser baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot m \cdot r \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 810 \text{ N/mm}^2 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2) \\ &= 48858,05 \text{ N}\end{aligned}$$

- Tahanan terhadap tumpuan baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2,4 \cdot \phi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 9 \text{ mm} \cdot 370 \text{ N/mm}^2 \\ &= 95904 \text{ N}\end{aligned}$$

- Tahanan terhadap tarik baut

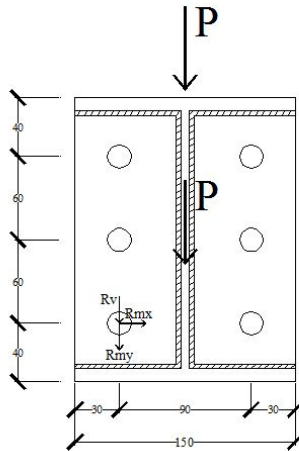
$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 810 \text{ N/mm}^2 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2) \\ &= 91608,84 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n \text{ geser baut} &< \phi R_n \text{ tumpuan baut} &< \phi R_n \text{ tarik baut} \\ 48858,05 \text{ N} &< 95904 \text{ N} &> 91608,84 \text{ N}\end{aligned}$$

sehingga dipakai  $\phi R_n$  geser baut = 48858,05 N

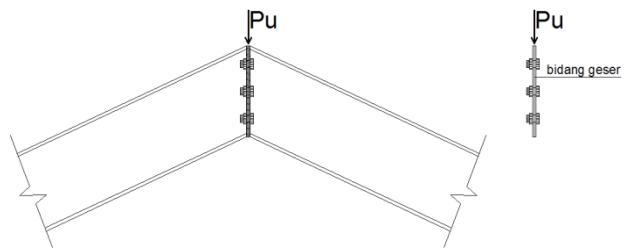
Direncanakan 6 baut maka :

$$\phi R_n = 48858,05 \text{ N} \cdot 6 = 293148,3 \text{ N}$$



Gambar 5.16 Distribusi Gaya pada Baut

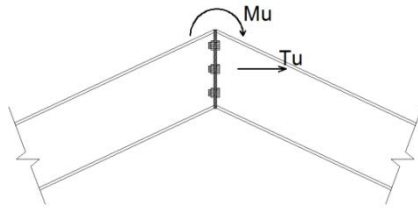
- Geser Sentris



Gambar 5.17 Detail Sambungan Baut

$$R_v = \frac{PuV}{n} = \frac{111,48 \text{ kg}}{6} = 18,58 \text{ kg} = 185,8 \text{ N}$$

- Geser Lentur



Gambar 5.18 Gaya pada sambungan geser lentur

$$\sum x^2 + \sum y^2 = (6 \cdot (37,5\text{mm})^2) + (4 \cdot (60\text{mm})^2) = 22837,5 \text{ mm}^2$$

$$R_{mx} = \frac{M_u \cdot y}{\sum x^2 + \sum y^2} = \frac{11712800 \text{ N.mm} \cdot 60 \text{ mm}}{22837,5 \text{ mm}^2} = 30772,55 \text{ N}$$

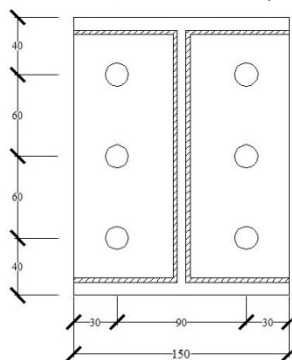
$$R_{my} = \frac{M_u \cdot x}{\sum x^2 + \sum y^2} = \frac{11665100 \text{ N.mm} \cdot 37,5 \text{ mm}}{22837,5 \text{ mm}^2} = 19154,52 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} R_u &= \sqrt{R_{mx}^2 + (R_v + R_{my})^2} \\ &= \sqrt{(38562,31 \text{ N})^2 + (185,8 \text{ N} + 19154,52 \text{ N})^2} \\ &= 36345,53 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$36345,53 \text{ N} \leq 293148,3 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$



Gambar 5.18 Detail Susunan baut yang dipasang

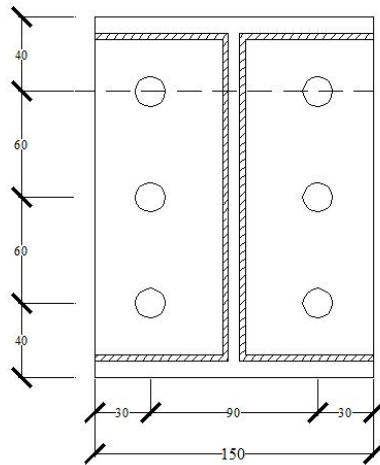
c. Tinjauan Pelat

- Kondisi Leleh

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi A_g f_y \\ &= 0,9 \cdot (t_p \cdot b) \cdot 240 \text{ N/mm}^2 \\ &= 0,9 \cdot (9 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}) \cdot 240 \text{ N/mm}^2 \\ &= 291600 \text{ N}\end{aligned}$$

- Kondisi Fraktur

Kondisi Fraktur 1



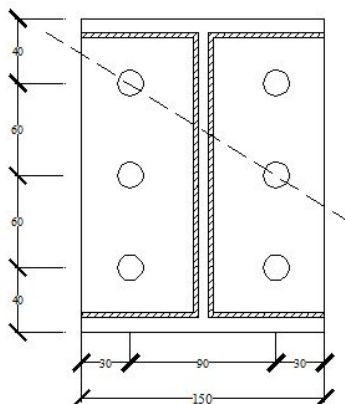
Gambar 5.19 Arah robekan pada kondisi fraktur 1

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - N \cdot d \cdot t \\ &= (9 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}) - (2 \cdot 20 \text{ mm} \cdot 9 \text{ mm}) \\ &= 990 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_e &= U \cdot A_n \\ &= 0,75 \cdot 990 \text{ mm}^2 \\ &= 742,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi T_n &= \phi \cdot A_e \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 742,5 \text{ mm}^2 \cdot 370 \text{ N/mm}^2 \\ &= 206043,75 \text{ N}\end{aligned}$$

Kondisi Fraktur 2



Gambar 5.20 Arah robekan pada kondisi fraktur 2

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - n \cdot d \cdot t + \sum \frac{s^2 \cdot t_p}{4 \cdot u} \\ &= (9 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}) - (2 \cdot 20 \text{ mm} \cdot 9 \text{ mm}) + \\ &\quad \frac{(60 \text{ mm})^2 \cdot 9 \text{ mm}}{4 \cdot 60 \text{ mm}} \\ &= 1125 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_e &= U \cdot A_n \\ &= 0,75 \cdot 1125 \text{ mm}^2 \\ &= 843,75 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Phi T_n &= \phi \cdot A_e \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 843,75 \text{ mm}^2 \cdot 370 \text{ N/mm}^2 \\ &= 234140,63 \text{ N}\end{aligned}$$

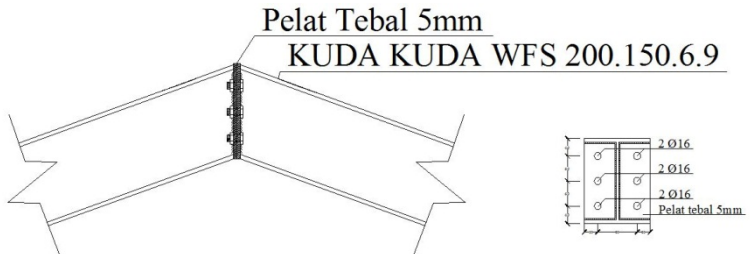
$$\Phi T_n \text{ fraktur 1} = 206043,75 \text{ N} < \Phi T_n \text{ fraktur 2} = 234140,63 \text{ N}$$

sehingga dipakai  $\Phi T_n$  fraktur 1 = 206043,75 N

Cek Syarat :

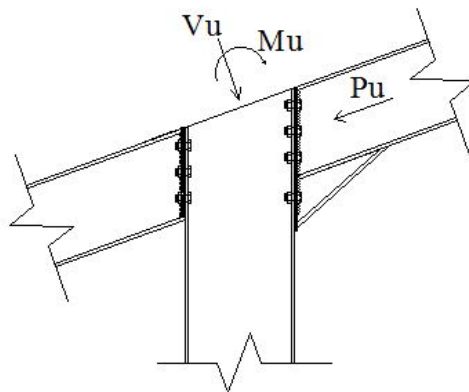
$$P_u V \leq \Phi T_n$$

$$1114,8 \text{ N} \leq 206043,75 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$



Gambar 5.21 Detail Sambungan Baut yang Dipasang

#### 5.1.7.2 Sambungan Tipe 2 :



Gambar 5.22 Sambungan Kuda – Kuda dan Kolom

Data output SAP 2000 frame 931 :

Akibat kombinasi beban  $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ H} + 0,8 \text{ W}$





$$P_u = 1457,15 \text{ Kg}$$

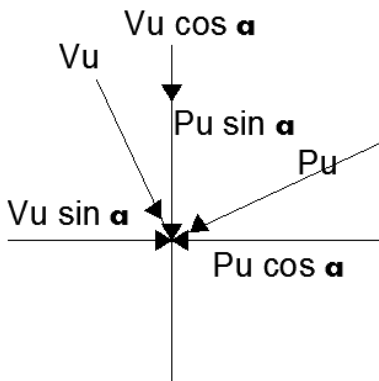


$$V_u = 1131,29 \text{ Kg}$$



$$M_{ux} = 1517,31 \text{ Kg.m}$$

Penguraian gaya pada sambungan yang di tinjau :



$$V_u \sin \alpha = 1131,29 \text{ kg} \cdot \sin 20^\circ = 386,92 \text{ kg}$$

$$Vu \cos \alpha = 1131,29 \text{ kg} \cdot \cos 20^\circ = 1063,1 \text{ kg}$$

$$Pu \sin \alpha = 1457,15 \text{ kg} \cdot \sin 20^\circ = 498,4 \text{ kg}$$

$$Pu \cos \alpha = 1457,15 \text{ kg} \cdot \cos 20^\circ = 1369,27 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} PuH &= Vu \cos \alpha + Pu \cos \alpha \\ &= 1063,1 \text{ kg} + 1369,27 \text{ kg} \\ &= 2432,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PuV &= Pu \sin \alpha - Vu \sin \alpha \\ &= 498,4 \text{ kg} - 386,92 \text{ kg} \\ &= 111,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Mu = 1517,31 \text{ kg.m}$$

#### a. Perhitungan Sambungan Las

- Data Perencanaan Sambungan

Tebal plat baja : 9 mm

Fuw : 490 Mpa

(Dengan melihat **Tabel 4.2**,Maka dapat diperoleh tebal las minimum)

a : 4 mm

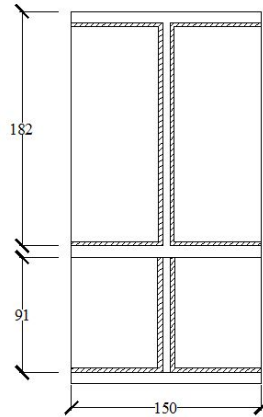
te (tebal efektif las) :  $0,707 \cdot a = 0,707 \cdot 4 \text{ mm}$   
 $= 2,828 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$

Mutu Baja : BJ 37

Fy : 240 Mpa

Fu : 370 Mpa

$\alpha$  :  $20^\circ$



Gambar 5.22 Detail Sambungan Las

$$\begin{aligned}
 L_{\text{total}} &= (2 \cdot 182 \text{ mm}) + (3 \cdot (150 \text{ mm} - 6 \text{ mm})) + (2 \cdot 91 \text{ mm}) \\
 &= 362 \text{ mm} + 576 \text{ mm} + 182 \text{ mm} \\
 &= 1120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Tahanan terhadap bahan dasar las :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_{uw} \\
 &\quad (SNI 03-1729-2002 \text{ pasal } 13.5.3.10) \\
 &= 0,75 \cdot 3 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot 490 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 661,5 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

- Tahanan terhadap bahan dasar baja :

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= 0,75 \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot f_u \\
 &\quad (SNI 03-1729-2002 \text{ pasal } 13.5.3.10) \\
 &= 0,75 \cdot 3 \text{ mm} \cdot 0,6 \cdot 370 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 499,5 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi R_n \text{ bahan dasar las} &= 661,5 \text{ N/mm} > \phi R_n \text{ bahan} \\
 \text{dasar baja} &= 499,5 \text{ N/mm} \text{ sehingga dipakai} \\
 \phi R_n \text{ bahan dasar baja} &= 499,5 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

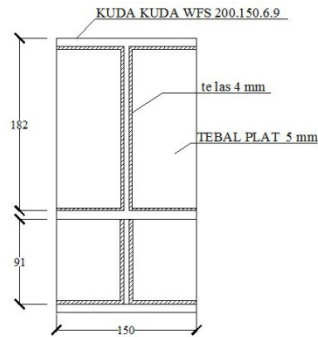
- Geser sentris

$$P_u = \frac{P_u H}{L_{total}} = \frac{2432,37 \text{ kg}}{1120 \text{ mm}} = 2,17 \text{ kg/mm} = 21,7 \text{ N/mm}$$

cek syarat :

$$P_u \leq \phi R_n$$

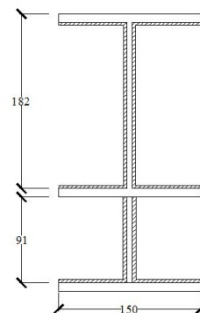
$$21,7 \text{ N/mm} \leq 499,5 \text{ N/mm} \quad (\text{memenuhi})$$



Gambar 5.23 Detail Sambungan Las Geser Sentris

- Geser Lentur

Detail sambungan las :



Gambar 5.24 Modulus Penampang Las WF

Menghitung Modulus penampang (S):

$$S = (((b \cdot d) + (d^2/6)) \cdot 2) + (((4 \cdot b \cdot d) + (d^2/6)) \cdot 2)$$

$$= (((150 \text{ mm} \cdot 182 \text{ mm}) + ((182 \text{ mm})^2/6)) \cdot 2) + (((4 \cdot 150 \text{ mm} \cdot 91 \text{ mm}) + ((91 \text{ mm})^2/6)) \cdot 2)$$

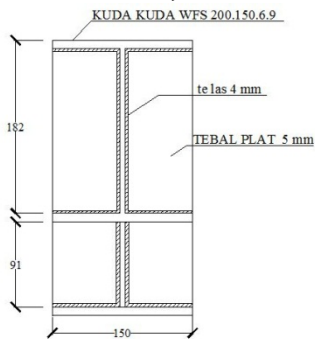
$$= 95701,667 \text{ mm}^2$$

$$R_n = \frac{Mu}{S} = \frac{15173100 \text{ Nmm}}{95701,667 \text{ mm}^2} = 158,55 \text{ N/mm}$$

Cek Syarat :

$$R_n \leq \phi R_n$$

$$158,55 \text{ N/mm} \leq 499,5 \text{ N/mm (memenuhi)}$$



Gambar 5.25 Detail Sambungan Las Geser Lentur

## b. Perhitungan Sambungan Baut

- Data perencanaan

Fub : 810 Mpa

r : 0,4 (dengan ulir)

Diameter Baut : 16 mm

Mutu Baja : BJ 37

(Dengan melihat **Tabel 4.2**,Maka dapat diperoleh tebal las minimum)

Tebal Plat : 8 mm

Fy : 240 Mpa

Fu : 370 Mpa

$\alpha$  :  $25^\circ$

m : 1

$$A_g : t_p \cdot b = 9 \cdot 100 = 900 \text{ mm}^2$$

Tahanan satu baut :

- Tahanan terhadap geser baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot m \cdot r \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,4 \cdot 810 \text{ N/mm}^2 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2) \\ &= 48858,05 \text{ N}\end{aligned}$$

- Tahanan terhadap tumpuan baut

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2,4 \cdot \phi \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 9 \text{ mm} \cdot 370 \text{ N/mm}^2 \\ &= 95904 \text{ N}\end{aligned}$$

- Tahanan terhadap tarik baut

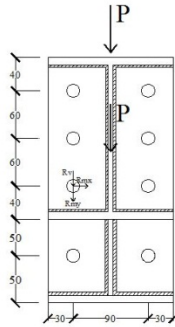
$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot 0,75 \cdot f_{ub} \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 810 \text{ N/mm}^2 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2) \\ &= 91608,84 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{array}{lll}\phi R_n \text{ geser baut} & < \phi R_n \text{ tumpuan baut} & < \phi R_n \text{ tarik baut} \\ 48858,05 \text{ N} & < & 91608,84 \text{ N} & < & 91608,84 \text{ N}\end{array}$$

sehingga dipakai  $\phi R_n$  geser baut = 48858,05 N

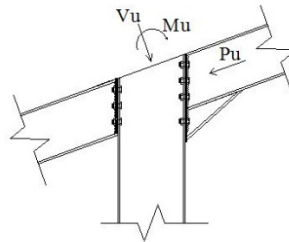
Direncanakan 8 baut maka :

$$\phi R_n = 48858,05 \text{ N} \cdot 8 = 390864,4 \text{ N}$$



Gambar 5.26 Distribusi Gaya pada Baut

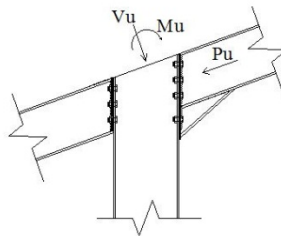
- Geser Sentris



Gambar 5.27 Detail Sambungan Baut

$$R_v = \frac{P_u V}{n} = \frac{111,48 \text{ kg}}{8} = 13,94 \text{ kg} = 139,4 \text{ N}$$

- Geser Lentur



Gambar 5.28 Gaya pada sambungan geser lentur

$$\begin{aligned}\sum x^2 + \sum y^2 &= (8 \cdot (37,5 \text{ mm})^2) + ((2 \cdot (110 \text{ mm})^2) + (2 \cdot (50 \text{ mm})^2) + (2 \cdot (10 \text{ mm})^2) + (2 \cdot (150 \text{ mm})^2)) \\ &= 85650 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$R_{mx} = \frac{M_u \cdot y}{\sum x^2 + \sum y^2} = \frac{11712800 \text{ N.mm} \cdot 273 \text{ mm}}{85650 \text{ mm}^2} = 37333,27 \text{ N}$$

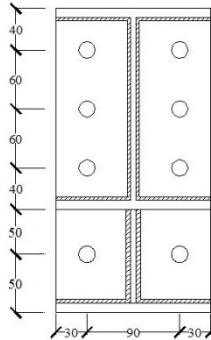
$$R_{my} = \frac{M_u \cdot x}{\sum x^2 + \sum y^2} = \frac{11712800 \text{ N.mm} \cdot 37,5 \text{ mm}}{85650 \text{ mm}^2} = 5128,2 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}R_u &= \sqrt{R_{mx}^2 + (R_v + R_{my})^2} \\ &= \sqrt{(37333,27 \text{ N})^2 + (139,4 \text{ N} + 5128,2 \text{ N})^2} \\ &= 37703,1 \text{ N}\end{aligned}$$

Cek Syarat :

$$R_u \leq \phi R_n$$

$$37703,1 \text{ N} \leq 390864,4 \text{ N} \quad (\text{memenuhi})$$



Gambar 5.29 Detail Susunan baut yang dipasang

- Tinjauan Pelat

- Kondisi Leleh

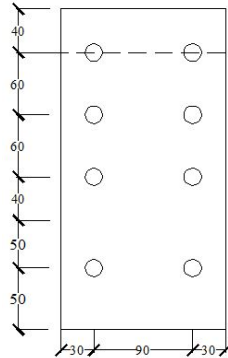
$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi A_g f_y \\ &= 0,9 \cdot (t_p \cdot b) \cdot 240 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 0,9 \cdot (9 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}) \cdot 240 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 291600 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kondisi Fraktur

Kondisi Fraktur 1



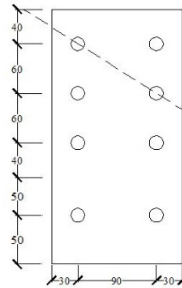
Gambar 5.30 Arah robekan pada kondisi fraktur 1

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - N \cdot d \cdot t \\
 &= (9 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}) - (2 \cdot 20 \text{ mm} \cdot 9 \text{ mm}) \\
 &= 990 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_e &= U \cdot A_n \\
 &= 0,75 \cdot 990 \text{ mm}^2 \\
 &= 742,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi T_n &= \phi \cdot A_e \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 742,5 \text{ mm}^2 \cdot 370 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 206043,75 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kondisi Fraktur 2



Gambar 5.31 Arah robekan pada kondisi fraktur 2

$$\begin{aligned}
 A_n &= A_g - n \cdot d \cdot t + \sum \frac{S^2 \cdot tp}{4 \cdot u} \\
 &= (9 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}) - (2 \cdot 20 \text{ mm} \cdot 9 \text{ mm}) + \\
 &\quad \frac{(60 \text{ mm})^2 \cdot 9 \text{ mm}}{4 \cdot 60 \text{ mm}} \\
 &= 1125 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_e &= U \cdot A_n \\
 &= 0,75 \cdot 1125 \text{ mm}^2 \\
 &= 843,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

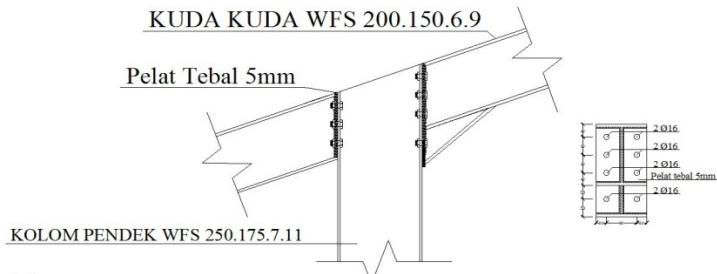
$$\begin{aligned}
 \Phi T_n &= \phi \cdot A_e \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 843,75 \text{ mm}^2 \cdot 370 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 234140,63 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$\Phi T_n$  fraktur 1 = 206043,75 N <  $\Phi T_n$  fraktur 2 = 234140,63 N  
 sehingga dipakai  $\Phi T_n$  fraktur 1 = 206043,75 N

Cek Syarat :

$$P_u V \leq \Phi T_n$$

$$\begin{aligned}
 1114,8 \text{ N} &\leq 206043,75 \text{ N (memenuhi)} \\
 &\quad \text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.32 Detail Sambungan Baut yang Dipasang *landas dan Angker*

## 5.2 Perhitungan Pelat

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja (*SNI 03-2847-2002, pasal 11.5.1*). Untuk menentukan ketebalan pelat didasarkan dengan 2 sistem.

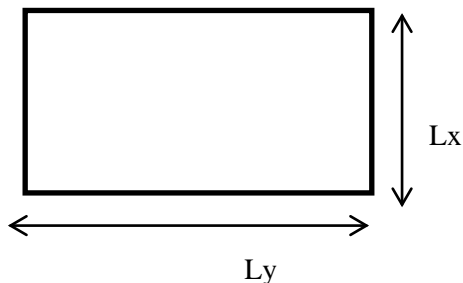
### 5.2.1 Perencanaan Pelat Satu Arah (One Way Slab)

**Yang dimaksud dengan** pelat satu arah adalah pelat yang memiliki momen searah pada sumbu x atau y saja.

Atau Pelat satu arah terjadi apabila  $\frac{L_y}{L_x} > 2$ .

dimana :  $L_x$  : bentang pendek

$L_y$  : bentang panjang



Gambar 5.33 Bentang pelat

Bentang bersih sumbu panjang :

$$L_n = 470 - \frac{25}{2} - \frac{25}{2} = 445 \text{ cm}$$

Bentang bersih sumbu pendek :

$$s_n = 450 - \frac{25}{2} - \frac{25}{2} = 425 \text{ cm}$$

### 5.2.2 Perencanaan Dimensi Pelat

Perhitungan dimensi pelat di bawah ini, mengambil contoh perhitungan pelat untuk tipe A pada pelat lantai 2.

- Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek pelat

$$\beta = \frac{L_n}{s_n}$$

dimana :

$\beta$  = rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek pelat

$L_n$  = bentang bersih arah memanjang pelat

$s_n$  = bentang bersih arah pendek pelat

- Lebar efektif sayap ( $b_e$ ) untuk balok L

$$b_e = b_w + h_w \leq b_w + 4 h_f \quad (\text{diambil yang terkecil})$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)*

dimana :

$b_e$  = lebar efektif sayap (cm)

$b_w$  = lebar badan balok (cm)

$h_w$  = tinggi badan balok (cm)

$h_f$  = tinggi sayap balok (cm)

- Lebar efektif sayap ( $b_e$ ) untuk balok T

$$b_e = b_w + 2 h_w \leq b_w + 8 h_f \quad (\text{diambil yang terkecil})$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)*

dimana :

$b_e$  = lebar efektif sayap (cm)

$b_w$  = lebar badan balok (cm)

$h_w$  = tinggi badan balok (cm)

$h_f$  = tinggi sayap balok (cm)

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

dimana :

$h$  = tinggi total balok

$t$  = tebal total pelat

$b_e$  = lebar efektif sayap

$b_w$  = lebar badan balok

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.6)

dimana :

$I_b$  = momen inersia penampang T

$I_p$  = momen inersia lajur pelat

$E_{cb} = E_{cp}$  = modulus Elastisitas = 200.000 MPa

### A. Pelat Tipe A

➤ Data-data Perencanaan :

- Tipe pelat : A
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) : 400 Mpa
- Rencana tebal pelat : 7 cm



**LETAH TITIK ANGKAT TIPA A**  
RUMAH 103

- Bentang pelat sumbu panjang ( $L_n$ ) : 470 cm
- Bentang pelat sumbu pendek ( $s_n$ ) : 450 cm

Gambar 4.7 Detail Pelat Tipe A

➤ Perhitungan Perencanaan :

- Bentang bersih pelat sumbu panjang :

$$\begin{aligned}
 L_n &= L_y - \left( \frac{b_{\text{balok induk}}}{2} + \frac{b_{\text{balok induk}}}{2} \right) \\
 &= 470 \text{ cm} - \left( \frac{25 \text{ cm}}{2} + \frac{25 \text{ cm}}{2} \right) \\
 &= 445 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek :

$$\begin{aligned}
 S_n &= L_x - \left( \frac{b_{\text{balok induk}}}{2} + \frac{b_{\text{balok induk}}}{2} \right) \\
 &= 450 \text{ cm} - \left( \frac{25 \text{ cm}}{2} + \frac{25 \text{ cm}}{2} \right) \\
 &= 425 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Maka :

$$\begin{aligned}\beta &= \frac{Ln}{Sn} \\ &= \frac{445 \text{ cm}}{425 \text{ cm}} \\ &= 1,05\end{aligned}$$

➤ Balok B3 (30/40) as A joint 2-3

- Menentukan lebar efektif sayap untuk balok L

$$b_e = b_w + h_w \leq b_w + 4 h_f$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

$$\begin{aligned}b_{e1} &= b_w + h_w \\ &= 25 \text{ cm} + 33 \text{ cm} \\ &= 58 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}b_{e2} &= b_w + 4 h_f \\ &= 25 \text{ cm} + (4 \cdot 12 \text{ cm}) \\ &= 73 \text{ cm}\end{aligned}$$

pilih nilai yang terkecil  $b_e = 58 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

$$\begin{aligned}k &= \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)} \\ k &= \frac{1 + \left(\frac{58}{25} - 1\right)\left(\frac{12}{45}\right)\left[4 - 6\left(\frac{12}{45}\right) + 4\left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{58}{25} - 1\right)\left(\frac{12}{45}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{58}{25} - 1\right)\left(\frac{12}{45}\right)}\end{aligned}$$

$$k = 2,714$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,714 \cdot \frac{25 \text{ cm} \cdot (45 \text{ cm})^3}{12} = 515235,94 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = (0,5 \cdot 450 \text{ cm}) \cdot \frac{(12 \text{ cm})^3}{12} = 32400 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.6)

$$= \frac{515235,94 \text{ cm}^4 \cdot 2000000 \text{ kg/cm}^2}{32400 \text{ cm}^4 \cdot 2000000 \text{ kg/cm}^2} \geq 1,0$$

$$= 15,9 \geq 1,0$$

(memenuhi)

- Balok B2 (25/45) as 2 joint A-B'

- Menentukan lebar efektif sayap untuk balok L

$$b_e = b_w + 2 h_w \leq b_w + 8 h_f$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

$$b_{e1} = b_w + 2h_w$$

$$= 25 \text{ cm} + (2 \cdot 33 \text{ cm})$$

$$= 91 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8 h_f$$

$$= 25 \text{ cm} + (8 \cdot 12 \text{ cm})$$

$$= 121 \text{ cm}$$

pilih nilai yang terkecil  $b_e = 91 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{91}{25} - 1\right)\left(\frac{12}{45}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{12}{45}\right) + 4\left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{91}{25} - 1\right)\left(\frac{12}{45}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{91}{25} - 1\right)\left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$k = 2,736$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,736 \cdot \frac{25 \text{ cm} \cdot (45 \text{ cm})^3}{12} = 519412,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat



$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = (0,5 \cdot (470 \text{ cm} + 400 \text{ cm})) \cdot \frac{(12 \text{ cm})^3}{12} = 62640 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.6)

$$= \frac{519412,5 \text{ cm}^4 \cdot 2000000 \text{ kg/cm}^2}{62640 \text{ cm}^4 \cdot 2000000 \text{ kg/cm}^2} \geq 1,0$$

$$= 8,29 \geq 1,0$$

(memenuhi)

➤ Balok B4 (25/45) as B joint 2-3

- Menentukan lebar efektif sayap untuk balok T

$$b_e = b_w + 2 h_w \leq b_w + 8 h_f$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4)

$$b_{e1} = b_w + 2h_w$$

$$= 25 \text{ cm} + (2 \cdot 33 \text{ cm})$$

$$= 91 \text{ cm}$$

$$b_{e2} = b_w + 8 h_f$$

$$= 25 \text{ cm} + (8 \cdot 12 \text{ cm})$$

$$= 121 \text{ cm}$$

pilih nilai yang terkecil  $b_e = 91 \text{ cm}$

- Faktor modifikasi

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[ 4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{91}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right) \left[ 4 - 6 \left(\frac{12}{45}\right) + 4 \left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{91}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{91}{25} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$k = 2,736$$

- Momen inersia penampang T

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,736 \cdot \frac{25 \text{ cm} \cdot (45 \text{ cm})^3}{12} = 519412,5 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia lajur pelat

$$I_p = b_p \cdot \frac{t^3}{12} = (0,5 \cdot (450\text{cm} + 225\text{ cm})) \cdot \frac{(12\text{ cm})^3}{12} = 48600\text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= \frac{I_b E_{cb}}{I_p E_{cp}} \geq 1,0 && (\text{SNI 03-2847-} \\ &\quad \text{2002 pasal 15.3.6}) \\ &= \frac{519412,5\text{ cm}^4 \cdot 2000000\text{ kg/cm}^2}{48600\text{ cm}^4 \cdot 2000000\text{ kg/cm}^2} \geq 1,0 \\ &= 10,69 \geq 1,0 \\ &\quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

- Dari ketiga balok diatas didapatkan rata-rata :

$$\begin{aligned}\alpha_m &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}{4} \\ &= \frac{15,9 + 8,29 + 10,69}{3} \\ &= 5,7525\end{aligned}$$

- Sehingga :

$$\begin{aligned}h &= \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \geq 90\text{ mm} \\ &= \frac{4450\text{ mm} \left( 0,8 + \frac{240}{1500} \right)}{36 + (9 \times 1,05)} \geq 90\text{ mm} \\ &= 93,99\text{ mm} \geq 90\text{ mm}\end{aligned}$$

- Dari perhitungan diatas, didapatkan dimensi tebal pelat lantai yang digunakan adalah 120 mm = 12 cm

### 5.2.3 Data-data perencanaan Pelat Pracetak

Adapun data-data perencanaan meliputi gambar denah perencanaan, perhitungan perencanaan dan hasil akhir gambar perencanaan dimensi pelat lantai tersebut adalah :

#### a) Tipe Pelat Pracetak A

$$Lx_b = 450 \text{ cm} \qquad G1-1 = 25 \times 45$$

$$Ly_b = 470 \text{ cm} \qquad G1-1 = 25 \times 45$$

$$\text{Lebar grouting} = 10 \text{ cm}$$

1. Perhitungan Dimensi pelat pracetak

$$Ly = 470 - 12,5 - 12,5 \\ = 445 \text{ cm}$$

$$= 4,45 \text{ m}$$

$$Lx = \frac{((450-10-10)-(12,5+12,5))}{4}$$

$$= 101,25 \text{ cm}$$

$$= 1,0125 \text{ m}$$

#### b) Tipe Pelat Pracetak B

$$Lx_b = 400 \text{ cm} \qquad G1-1 = 25 \times 45$$

$$Ly_b = 450 \text{ cm} \qquad G1-1 = 25 \times 45$$

$$\text{Lebar grouting} = 10 \text{ cm}$$

1. Perhitungan Dimensi pelat pracetak

$$Ly = 400 - 12,5 - 12,5 \\ = 375 \text{ cm}$$

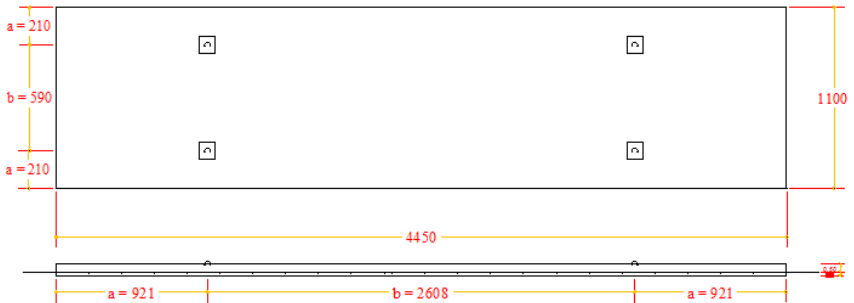
$$= 3,75 \text{ m}$$

$$Lx = \frac{((450-10-10)-(12,5+12,5))}{3}$$

$$= 135 \text{ cm}$$

$$= 1,35 \text{ m}$$

### 5.2.4 Perhitungan Tulangan pelat tipe A



Gambar 5.3.6 pelat tipe A

- a) Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit  
 Pada saat perhitugn umur beton adalah 3 hari, dengan  
 $f_c' = 0,04625 f_c' = 1,39 \text{ Mpa}$

Pembebanan Pelat :

- Berat Pelat Pracetak (qd)  $= 0,07 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$   
 $= 168 \text{ kg/m}^2$
- Beban Ultimate (qc)  $= 1,2 \cdot \text{qd}$   
 $= 1,2 \cdot 168 \text{ kg/m}^2$   
 $= 201,6 \text{ kg/m}^2$

- b) Perhitungan Tulangan sebelum komposit akibat pengangkatan.

- Q angkat  $= \text{koef. Kejut} \cdot \text{qc}$   
 $= 1,5 \cdot 201,6 \text{ kg/m}^2$   
 $= 302,40 \text{ kg/m}^2$

Berdasarkan PCI Design Handbook, Bab V hal 8

Arah X :

$$\begin{aligned} b &= 0,586 \cdot l_x \\ &= 0,586 \cdot 1,0125 \text{ m} \\ &= 0,593 \text{ m} \end{aligned}$$

Arah Y :

$$\begin{aligned} b &= 0,586 \cdot l_x \\ &= 0,586 \cdot 4,45 \text{ m} \\ &= 2,607 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 0,207 \cdot l_x & a &= 0,207 \cdot l_x \\
 &= 0,207 \cdot 1,0125 \text{ m} & &= 0,207 \cdot 4,45 \text{ m} \\
 &= 0,209 \text{ m} & &= 0,921 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= 0,0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b \\
 &= 0,0107 \cdot 302,40 \text{ kg/m}^2 \cdot (0,209 \text{ m})^2 \cdot 0,593 \text{ m} \\
 &= 0,084 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &= 0,0107 \cdot w \cdot a \cdot b^2 \\
 &= 0,0107 \cdot 302,40 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,209 \text{ m} \cdot (0,593 \text{ m})^2 \\
 &= 0,239 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### 5.2.5 Pembebanan Pelat :

- Beban Mati :
  - Pelat Pracetak  $= 0,12 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$
  - Spesi 2 cm  $= 2 \cdot 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$
  - Keramik 2 cm  $= 2 \cdot 24 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}^2$
  - Plafon + Rangka  $= 11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
  - Sanitasi Air  $= 41 \text{ kg/m}^2 = 41 \text{ kg/m}^2 + Q_d = 437 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup :
  - $q_l = 250 \text{ kg/m}^2$
  - $q_u = 1,2 q_d + 1,6 q_l$
  - $= 1,2 \cdot 437 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \cdot 250 \text{ kg/m}^2$
  - $= 924,4 \text{ kg/m}^2$

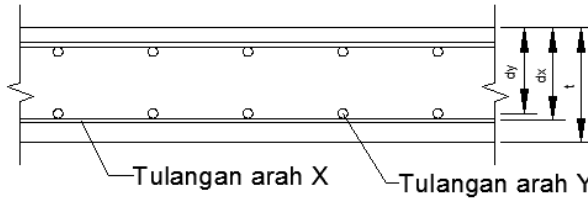
Pelat direncanakan jepit elastic

Dari table 13.3.1. PBI'71 didapatkan momen yang terjadi pada pelat.

$$\begin{aligned}
 M_{tump} &= -0,001 \cdot q_u \cdot l^2 \cdot x \\
 &= -0,001 \cdot 924,4 \text{ kg/m}^2 \cdot 4,45 \text{ m} \cdot 38^2 \\
 &= 695,6063 \text{ kgm} \\
 &= 6956063 \text{ Nmm} \\
 M_{lap} &= -0,001 \cdot q_u \cdot l^2 \cdot x \\
 &= -0,001 \cdot 924,4 \text{ kg/m}^2 \cdot 4,45 \text{ m} \cdot 13^2 \\
 &= 237,9706 \text{ kgm} \\
 &= 2379706 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

a) Pada daerah Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 6956063 \text{ Nmm} \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{6956063}{0,8} = 8695079,73 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



Gambar 5.34 Asumsi tinggi manfaat pelat,  $d_x$  dan  $d_y$

$$\begin{aligned} d_y &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}} \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm} \\ &= 94 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0325125 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0325 \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 30} \\ &= 15,69 \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{6956063Nmm}{1000\text{ mm} \cdot (94mm)^2} = 0,984$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right] \\ &= \frac{1}{15,69} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,984}{400}} \right] \\ &= 0,0025\end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,0025 < 0,0244 (\text{tidak memenuhi}) \\ \text{maka, } \rho_{\text{perlu}} &\text{ dinaikkan } 30\% \\ \rho_{\text{perlu}} &= 1,3 \cdot 0,0025 = 0,00326 \\ \rho_{\text{perlu}} &= \rho_{\min} = 0,0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{s\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000\text{ mm} \cdot 94\text{ mm} \\ &= 329\text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120\text{ mm} \\ &\leq 240\text{ mm}\end{aligned}$$

- Dipakai tulangan  $\emptyset 12$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s\text{perlu}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12\text{ mm})^2 \cdot 1000\text{ mm}}{329\text{ mm}^2} \\ &= 343,76\text{ mm}\end{aligned}$$

$$S = 343,76\text{ mm} > S_{\max} = 240\text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 200\text{ mm}$$

- Tulangan yang dipakai  $\emptyset 12 - 200 \text{ mm}$

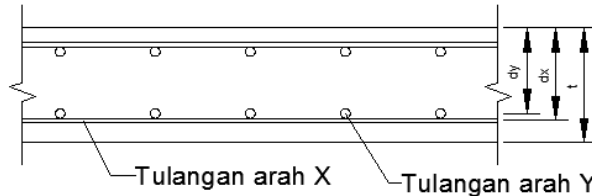
$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\ &= 565,49 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 329 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

- Tulangan susut yang dipakai  $\emptyset 8 - 200 \text{ mm}$  ( $A_s = 251,2 \text{ mm}^2$ )

b) Pada daerah Lapangan

$$M_u = 2379706 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{2379706}{0,8} = 2974632,5 \text{ Nmm}$$



Gambar 5.35 Asumsi tinggi manfaat pelat,  $d_x$  dan  $d_y$

$$\begin{aligned} d_y &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \text{tulangan} \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm} \\ &= 94 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\begin{aligned} &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0325125 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0325 \\ &= 0,0244 \text{ (SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 30} \\ &= 15,69\end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{2379706 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (94 \text{ mm})^2} = 0,337$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,69} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,984}{400}} \right] \\ &= 0,000847\end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \\ 0,0035 &< 0,000847 < 0,0244 \quad (\text{tidak memenuhi})\end{aligned}$$

maka,  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,000847 = 0,0011$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 94 \text{ mm} \\ &= 329 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kontrol jarak spasi tulangan  
 $S_{\text{max}} \leq 2 \cdot h$   
 $\leq 2 \cdot 120 \text{ mm}$   
 $\leq 240 \text{ mm}$
- Dipakai tulangan  $\emptyset 12$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{perlu}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{329 \text{ mm}^2} \\
 &= 343,76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 343,76 \text{ mm} > S_{\max} = 240 \text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

- Tulangan utama yang dipakai  $\emptyset 12 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\
 &= 565,49 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 329 \text{ mm}^2 \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Tulangan susut yang dipakai  $\emptyset 8 - 200 \text{ mm}$   
( $A_s = 251,2 \text{ mm}^2$ )

## 5.2.6 Kontrol Retak dan Lendutan

- Kontrol Retak

$$\begin{aligned}
 Fr &= 0,7 \cdot \sqrt{f_c'} \\
 &= 0,7 \cdot \sqrt{30} \\
 &= 3,834
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \cdot b \cdot h^3 \\
 &= 1/12 \cdot 4450 \text{ mm} \cdot (70 \text{ mm})^3 \\
 &= 12719583,33 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \frac{f_r \cdot I}{Y_t} > M \\
 &= \frac{3,834 \cdot 12719583,33}{60} > 6956063 \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan

$$F_c' = f_c' = 30 \text{ Mpa (Usia beton 28 hari)}$$

$$Q_c = 924,4 \text{ kg/m}^2$$

$$E = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$= 4700 \cdot \sqrt{30}$$

$$= 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} \\ &= \frac{5}{384} \cdot \frac{0,00924,4 \cdot 4450^4}{25742,96 \cdot 12719583,33} \\ &= 0,0000144 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\Delta' = 1/480$$

$$= 4450/480$$

$$= 9,27 \text{ mm}, \Delta < \Delta' \text{ (berarti lendutan masih dibatas aman)}$$

### 5.2.7 Penyaluran dan Penyambungan Tulangan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik

$$L_{db} = 100 \text{ db} / \sqrt{f_c'}$$

$$= 100 \cdot 12 / \sqrt{30}$$

$$= 218 \text{ mm}$$

Dipakai  $l_{db} = 250 \text{ mm}$

(SNI 03-2847-2002, pasal 14.3)

### 5.2.8 Tulangan Angkat

Profil frame data berat dan panjang tekuk

Panjang tekuk = 273,22

Mutu baja BJ-36

Profil WF 100 100 6 8

$$A = 21,9 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 4,18 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2,47 \text{ mm}^4$$

$$w = 17,2 \text{ kg/m}$$

- Beban sendiri =  $0,07\text{ m} \cdot 1,0125\text{ m} \cdot 4,45\text{ m} \cdot 2400$   
 $= 756,95\text{ kg/m}^2$
- Stud =  $1\% \cdot q_d = 7,56\text{ kg/m}^2$
- Beban profil =  $17,2,7,66 = 113,52\text{ kg/m}^2 +$   
 $\text{tot} = 896,27\text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \cdot Q_{\text{tot}} \\ &= 1,2 \cdot 896,27\text{ kg/m}^2 \\ &= 1075,52\text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{P}{\sin \theta} \\ &= \frac{1075,52\text{ kg}}{\sin 45} \\ &= 1263,97\text{ kg} \end{aligned}$$

Menurut PBBI pasal 2.2.2 tegangan ijin tarik dasar baja bertulang U32 adalah  $f_y/1,5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,67\text{ kg/m}^2$$

$$\theta_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P_u}{\sigma_{\text{tarik ijin}} \cdot \pi}}$$

$$\theta_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1075,52}{266,67 \cdot \pi}}$$

$$\theta_{\text{tulangan angkat}} \geq 2,457$$

Digunakan tulangan diameter 12 mm

(PBBI pasal 2.2.2)

### 5.2.9 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

- $F'_r = \frac{0,7 \sqrt{f'_{cr}}}{1,5} \dots \dots \dots (\text{beton berumur 3 hari})$   
 $= \frac{0,7 \sqrt{13,876}}{1,5} = 1,74\text{ Mpa}$

$$\bullet \quad f'_{cr} = \frac{0,7 \sqrt{f'_{ci}}}{1,5} \dots \dots \dots (\text{beton berumur 28 hari})$$

$$= \frac{0,7 \sqrt{30}}{1,5} = 2,56 \text{ Mpa}$$

### 1. Longitudinal bending

$$W = t \cdot BJ \text{ beton} \cdot 1,2$$

$$= 0,07\text{m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,2$$

$$= 20,16 \text{ kg/m}^2$$

$$Z = 1/6 \cdot a/2 \cdot t^2$$

$$= 1/6 \cdot 0,105 \cdot 0,07^2$$

$$= 0,00122 \text{ m}^3$$

$$My = 0,0107 \cdot w \cdot a \cdot b^2$$

$$= 0,0107 \cdot 20,16 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,921 \cdot 2,61^2$$

$$= 1,351 \text{ kgm}$$

$$F' = \frac{My}{Z}$$

$$= \frac{1,351 \text{ kgm}}{0,00122 \text{ m}^3}$$

$$= 1105,19 \text{ kg/m}^2 = 1,105 \text{ Mpa}$$

Maka  $f(1,105 \text{ Mpa}) < f'_{cr} (2,56 \text{ Mpa})$   
(memenuhi)

### 2. Transversal Bending

$$W = t \cdot BJ \text{ beton} \cdot 1,2$$

$$= 0,07\text{m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,2$$

$$= 20,16 \text{ kg/m}^2$$

$$Z = 1/6 \cdot b/2 \cdot t^2$$

$$= 1/6 \cdot 1,303 \cdot 0,07^2$$

$$= 0,01521 \text{ m}^3$$

$$My = 0,0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b$$

$$= 0,0107 \cdot 20,16 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,921^2 \cdot 2,61$$

$$= 0,477 \text{ kgm}$$

$$F' = \frac{My}{Z}$$

$$= \frac{0,477 \text{ kgm}}{0,01521 \text{ m}^3}$$

$$= 31,38 \text{ kg/m}^2 = 0,03138 \text{ Mpa}$$

Maka  $f' (0,03138 \text{ Mpa}) < f'_{cr} (2,56 \text{ Mpa})$   
(memenuhi)

### 5.2.10 Kontrol Tumpukan Pelat

Pracetak Dikirim ke lokasi proyek pada saat beton berumur 4 hari, adapun tata cara dalam penumpukan Precast agar tidak terjadi keretakan, sebagai berikut :

1. Landasan dasar untuk penumpukan harus rata
2. Tiap lapis diberi penyangga berupa balok kayu
3. Balok kayu yang digunakan sebagai tumpuan harus sejajar berada dalam satu garis
4. Penumpukan maksimal pracetak harus diperhitungkan terlebih dahulu untuk menghindari keretakan pada saat penumpukan pelat.

$$\begin{aligned}\bullet \text{ Berat pelat pracetak} &= 0,07\text{m} \cdot 1,0125\text{m} \cdot 4450 \cdot 2400 \\ &\text{kg/m}^2 \\ &= 756,945 \text{ kg}\end{aligned}$$

Direncanakan jumlah tumpukan = 6 buah

Berat total tumpukan = 4541,67 kg

Direncanakan penyangga menggunakan balok kayu ukuran 8/12 dengan luas  $96 \text{ m}^2$

Kontrol tumpukan pelat pracetak  $< \Delta$  beton

- Pada saat penumpukan, direncanakan umur beton 28 hari

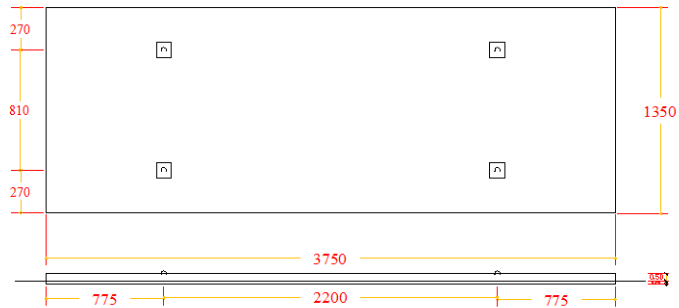
$$\begin{aligned}F_c'' &= 0,4625 \cdot f_c' \\ &= 0,4625 \cdot 30 \text{ Mpa} \\ &= 13,875 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta \text{ Beton} &= 4700 \cdot \sqrt{f_c''} \\ &= 4700 \cdot \sqrt{13,875} = 17507,11 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- kontrol tumpukan pelat pracetak

$$\begin{aligned}&= \frac{\text{berat total penumpukan}}{\text{luas balok}} \\ &= \frac{4541,67 \text{ kg}}{96 \text{ m}^2} \\ &= 47,31 \text{ kg/cm}^2 < \Delta \text{ beton} \dots (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

### 5.2.10 Perhitungan Tulangan pelat tipe B



Gambar 5.3.7 pelat tipe B

#### c) Perhitungan Tulangan Sebelum Komposit

Pada saat perhitungan umur beton adalah 3 hari, dengan  
 $f_c' = 0,04625 f_c' = 1,39 \text{ Mpa}$

Pembebanan Pelat :

- Berat Pelat Pracetak ( $q_d$ ) =  $0,07 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$   
 $= 168 \text{ kg/m}^2$
- Beban Ultimate ( $q_c$ ) =  $1,2 \cdot q_d$   
 $= 1,2 \cdot 168 \text{ kg/m}^2$   
 $= 201,6 \text{ kg/m}^2$

#### d) Perhitungan Tulangan sebelum komposit akibat pengangkatan.

- $Q$  angkat = koef. Kejut  $\cdot q_c$   
 $= 1,5 \cdot 201,6 \text{ kg/m}^2$   
 $= 302,40 \text{ kg/m}^2$

Berdasarkan PCI Design Handbook, Bab V hal 8

Arah X :

$$\begin{aligned} b &= 0,586 \cdot l_x \\ &= 0,586 \cdot 1,35 \text{ m} \\ &= 0,7911 \text{ m} \\ a &= 0,207 \cdot l_x \\ &= 0,207 \cdot 1,35 \text{ m} \\ &= 0,279 \text{ m} \end{aligned}$$

Arah Y :

$$\begin{aligned} b &= 0,586 \cdot l_x \\ &= 0,586 \cdot 3,75 \text{ m} \\ &= 2,1975 \text{ m} \\ a &= 0,207 \cdot l_x \\ &= 0,207 \cdot 3,75 \text{ m} \\ &= 0,776 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= 0,0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b \\
 &= 0,0107 \cdot 302,40 \text{ kg/m}^2 \cdot (0,279 \text{ m})^2 \cdot 0,7911 \text{ m} \\
 &= 0,1998 \text{ kgm} \\
 M_y &= 0,0107 \cdot w \cdot a \cdot b^2 \\
 &= 0,0107 \cdot 302,40 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,279 \text{ m} \cdot (0,7911 \text{ m})^2 \\
 &= 0,565 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### 5.2.11 Pembebanan Pelat :

- Beban Mati :
  - Pelat Pracetak =  $0,12 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 = 288 \text{ kg/m}^2$
  - Spesi 2 cm =  $2 \cdot 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$
  - Keramik 2 cm =  $2 \cdot 24 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}^2$
  - Plafon + Rangka =  $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
  - Sanitasi Air =  $41 \text{ kg/m}^2 = 41 \text{ kg/m}^2 + \text{Qd} = 437 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup :
  - ql =  $250 \text{ kg/m}^2$
  - qu =  $1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql}$
  - =  $1,2 \cdot 437 \text{ kg/m}^2 + 1,6 \cdot 250 \text{ kg/m}^2$
  - =  $924,4 \text{ kg/m}^2$

Pelat direncanakan jepit elastic

Dari table 13.3.1. PBI'71 didapatkan momen yang terjadi pada pelat.

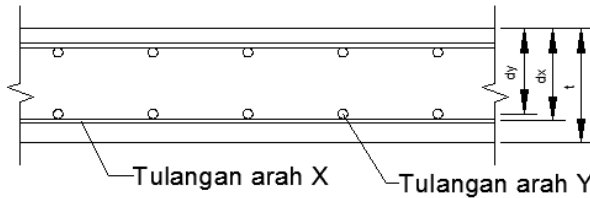
$$\begin{aligned}
 M_{tump} &= -0,001 \cdot q_u \cdot l^2 \cdot x \\
 &= -0,001 \cdot 924,4 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,75 \text{ m} \cdot 38^2 \\
 &= 493,9762 \text{ kgm} \\
 &= 4939762 \text{ Nmm} \\
 M_{lap} &= -0,001 \cdot q_u \cdot l^2 \cdot x \\
 &= -0,001 \cdot 924,4 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,75 \text{ m} \cdot 13^2 \\
 &= 168,9918 \text{ kgm} \\
 &= 1689918 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$



a) Pada daerah Tumpuan

$$M_u = 4939762 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4939762}{0,8} = 6174703 \text{ Nmm}$$



Gambar 5.34 Asumsi tinggi manfaat pelat,  $d_x$  dan  $d_y$

$$d_y = t - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}}$$

$$= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm}$$

$$= 94 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f_c \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0325125$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0325$$

$$= 0,0244$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{400}{0,85 \cdot 30}$$

$$= 15,69$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{6956063Nmm}{1000\text{ mm} \cdot (94mm)^2} = 0,984$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right] \\ &= \frac{1}{15,69} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,984}{400}} \right] \\ &= 0,0025\end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,0025 < 0,0244 (\text{tidak memenuhi})\end{aligned}$$

maka,  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,0025 = 0,00326$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\min} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}As_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000\text{ mm} \cdot 94\text{ mm} \\ &= 329\text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kontrol jarak spasi tulangan

$$\begin{aligned}S_{\max} &\leq 2 \cdot h \\ &\leq 2 \cdot 120\text{ mm} \\ &\leq 240\text{ mm}\end{aligned}$$

- Dipakai tulangan  $\emptyset 12$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{As_{\text{perlu}}} \\ &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12\text{ mm})^2 \cdot 1000\text{ mm}}{329\text{ mm}^2} \\ &= 343,76\text{ mm}\end{aligned}$$

$$S = 343,76\text{ mm} > S_{\max} = 240\text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 200\text{ mm}$$

- Tulangan yang dipakai  $\emptyset$  12 - 200 mm

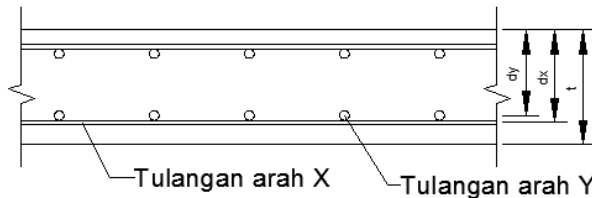
$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\
 &= 565,49 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 329 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

- Tulangan susut yang dipakai  $\emptyset$  8 - 200 mm ( $A_s = 251,2 \text{ mm}^2$ )

b) Pada daerah Lapangan

$$M_u = 1689918 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\emptyset} = \frac{1689918}{0,8} = 2112398 \text{ Nmm}$$



Gambar 5.35 Asumsi tinggi manfaat pelat,  $d_x$  dan  $d_y$

$$\begin{aligned}
 d_y &= t - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \text{tulangan} \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm} \\
 &= 94 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0325125
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0325 \\
 &= 0,0244 \text{ (SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \cdot 30} \\
 &= 15,69
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{2379706 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (94 \text{ mm})^2} = 0,337$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,69} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,69 \cdot 0,984}{400}} \right] \\
 &= 0,000847
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{maks}} \\
 0,0035 &< 0,000847 < 0,0244 \quad (\text{tidak memenuhi})
 \end{aligned}$$

maka,  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,000847 = 0,0011$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \rho_{\text{min}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 94 \text{ mm} \\
 &= 329 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Kontrol jarak spasi tulangan  
 $S_{\text{max}} \leq 2 \cdot h$   
 $\leq 2 \cdot 120 \text{ mm}$   
 $\leq 240 \text{ mm}$
- Dipakai tulangan  $\emptyset 12$ , sehingga jarak antar tulangan

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{perlu}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{329 \text{ mm}^2} \\
 &= 343,76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S = 343,76 \text{ mm} > S_{\max} = 240 \text{ mm} \rightarrow S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

- Tulangan utama yang dipakai  $\emptyset 12 - 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}^2} \\
 &= 565,49 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 329 \text{ mm}^2 \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Tulangan susut yang dipakai  $\emptyset 8 - 200 \text{ mm}$   
( $A_s = 251,2 \text{ mm}^2$ )

### 5.2.12 Kontrol Retak dan Lendutan

- Kontrol Retak

$$\begin{aligned}
 Fr &= 0,7 \cdot \sqrt{f'c'} \\
 &= 0,7 \cdot \sqrt{30} \\
 &= 3,834
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \cdot b \cdot h^3 \\
 &= 1/12 \cdot 3750 \text{ mm} \cdot (70 \text{ mm})^3 \\
 &= 12147916 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \frac{f_r \cdot I}{Y_t} > M \\
 &= \frac{3,834 \cdot 12147916}{60} > 4939762 \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Lendutan

$$F_c'' = f_c' = 30 \text{ Mpa (Usia beton 28 hari)}$$

$$Q_c = 924,4 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} E &= 4700 \cdot \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \cdot \sqrt{30} \\ &= 25742,96 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I} \\ &= \frac{5}{384} \cdot \frac{0,00924,4 \cdot 4450^4}{25742,96 \cdot 12147916} \\ &= 0,0000125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta' &= 1/480 \\ &= 3750/480 \end{aligned}$$

$$= 7,8125 \text{ mm}, \Delta < \Delta' \text{ (berarti lendutan masih dibatas aman)}$$

### 5.2.13 Penyaluran dan Penyambungan Tulangan

$$\begin{aligned} L_{db} &= \frac{d_b \times f_y}{4 \times \sqrt{f_c}} > 0,04 d_b f_y \\ &= \frac{12 \times 400}{4 \times \sqrt{30}} > 0,04 \cdot 12 \cdot 400 \\ &= 127,8 \text{ mm} > 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai } l_{db} = 250 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002, pasal 14.3)

### 5.2.14 Tulangan Angkat

Profil frame data berat dan panjang tekuk

Panjang tekuk = 273,22

Mutu baja BJ-36

Profil WF 100 100 6 8

$$A = 21,9 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 4,18 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2,47 \text{ mm}^4$$

$$w = 17,2 \text{ kg/m}$$

- Beban sendiri =  $0,07\text{m} \cdot 1,0125\text{m} \cdot 3,75 \text{ m} \cdot 2400$   
 $= 850,5 \text{ kg/m}^2$
- Stud =  $1\% \cdot qd = 8,505 \text{ kg/m}^2$
- Beban profil =  $17,2.7,66 = 113,52 \text{ kg/m}^2 +$   
 $\text{total} = 990,757 \text{ kg/m}^2$

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \cdot Q_{\text{tot}} \\ &= 1,2 \cdot 990,757 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1188,908 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{P}{\sin \theta} \\ &= \frac{1188,908 \text{ kg}}{\sin 45} \\ &= 1397,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menurut PBBI pasal 2.2.2 tegangan ijin tarik dasar baja bertulang U32 adalah  $f_y/1,5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,67 \text{ kg/m}^2$$

$$\theta_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P_u}{\sigma_{\text{tarik ijin}} \cdot \pi}}$$

$$\theta_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1075,52}{266,67 \cdot \pi}}$$

$$\theta_{\text{tulangan angkat}} \geq 2,457$$

Digunakan tulangan diameter 12 mm

(PBBI pasal 2.2.2)

### 5.2.15 Kontrol Tegangan Akibat Pengangkatan

$$\begin{aligned} F_r &= \frac{0,7 \sqrt{f'_{cr}}}{1,5} \dots \dots \dots (\text{beton berumur 3 hari}) \\ &= \frac{0,7 \sqrt{13,876}}{1,5} = 1,74 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- $$F'r = \frac{0,7 \sqrt{f'c'}}{1,5} \dots \dots \dots (\text{beton berumur 28 hari})$$

$$= \frac{0,7 \sqrt{30}}{1,5} = 2,56 \text{ Mpa}$$

### 3. Longitudinal bending

$$\begin{aligned} W &= t \cdot BJ \text{ beton} \cdot 1,2 \\ &= 0,07\text{m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,2 \\ &= 20,16 \text{ kg/m}^2 \\ Z &= 1/6 \cdot a/2 \cdot t^2 \\ &= 1/6 \cdot 0,105 \cdot 0,07^2 \\ &= 0,00122 \text{ m}^3 \\ My &= 0,0107 \cdot w \cdot a \cdot b^2 \\ &= 0,0107 \cdot 20,16 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,921 \cdot 2,61^2 \\ &= 1,351 \text{ kgm} \\ F' &= \frac{My}{Z} \\ &= \frac{1,351 \text{ kgm}}{0,00122 \text{ m}^3} \\ &= 1105,19 \text{ kg/m}^2 = 1,105 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Maka  $f(1,105 \text{ Mpa}) < f'r (2,56 \text{ Mpa})$   
(memenuhi)

### 4. Transversal Bending

$$\begin{aligned} W &= t \cdot BJ \text{ beton} \cdot 1,2 \\ &= 0,07\text{m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,2 \\ &= 20,16 \text{ kg/m}^2 \\ Z &= 1/6 \cdot b/2 \cdot t^2 \\ &= 1/6 \cdot 1,303 \cdot 0,07^2 \\ &= 0,01521 \text{ m}^3 \\ My &= 0,0107 \cdot w \cdot a^2 \cdot b \\ &= 0,0107 \cdot 20,16 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,776^2 \cdot 2,19 \\ &= 0,8085 \text{ kgm} \\ F' &= \frac{My}{Z} \\ &= \frac{0,8085 \text{ kgm}}{0,01521 \text{ m}^3} \\ &= 496,035 \text{ kg/m}^2 = 0,496 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Maka  $f' (0,496 \text{ Mpa}) < f'r (2,56 \text{ Mpa})$   
(memenuhi)



### 5.2.11 Kontrol Tumpukan Pelat

Pracetak Dikirim ke lokasi proyek pada saat beton berumur 4 hari, adapun tata cara dalam penumpukan Precast agar tidak terjadi keretakan, sebagai berikut :

5. Landasan dasar untuk penumpukan harus rata
6. Tiap lapis diberi penyangga berupa balok kayu
7. Balok kayu yang digunakan sebagai tumpuan harus sejajar berada dalam satu garis
8. Penumpukan maksimal pracetak harus diperhitungkan terlebih dahulu untuk menghindari keretakan pada saat penumpukan pelat.

$$\bullet \text{ Berat pelat pracetak} = 0,07\text{m} \cdot 1,35\text{m} \cdot 3750 \cdot 2400 \text{ kg/m}^2$$

$$= 850,5 \text{ kg}$$

Direncanakan jumlah tumpukan = 6 buah

Berat total tumpukan = 5103 kg

Direncanakan penyangga menggunakan balok kayu ukuran 8/12 dengan luas  $96 \text{ m}^2$

Kontrol tumpukan pelat pracetak  $< \Delta$  beton

- Pada saat penumpukan, direncanakan umur beton 28 hari

$$f_{c''} = 0,4625 \cdot f_{c'}$$

$$= 0,4625 \cdot 30 \text{ Mpa}$$

$$= 13,875 \text{ Mpa}$$

$$\Delta \text{ Beton} = 4700 \cdot \sqrt{f_{c''}}$$

$$= 4700 \cdot \sqrt{13,875} = 17507,11 \text{ Mpa}$$

- kontrol tumpukan pelat pracetak

$$= \frac{\text{berat total penumpukan}}{\text{luas balok}}$$

$$= \frac{5103 \text{ kg}}{96 \text{ m}^2}$$

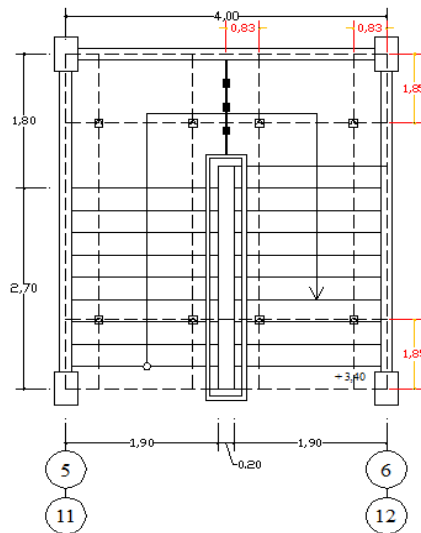
$$= 53,156 \text{ kg/cm}^2 < \Delta \text{ beton ... (memenuhi)}$$

### 5.3 Perencanaan Tangga Pracetak

#### 5.3.1 Tangga Pracetak Tipe 1

Pada perancangan ini, tangga diasumsikan sebagai frame 2 dimensi yang kemudian dianalisa untuk menentukan gaya-gaya dalamnya dengan perencanaan struktur statis tertentu. Perletakan dapat diasumsikan sebagai sendi-sendi, sendi-jepit, sendi-rol, ataupun jepit-jepit. Perbedaan asumsi akan menentukan cara penulangan konstruksi serta pengaruhnya terhadap struktur secara keseluruhan. Dalam perhitungan ini perletakan diasumsikan sebagai sendi-rol.

Data-data perencanaan :



Gambar 5.36 Dimensi Tangga Type 1

- Mutu Beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Panjang Bordes = 157,5 cm

- Panjang Tangga = 450 cm
- Lebar Tangga = 400 cm
- Tebal Pelat Miring = 15 cm
- Tebal Pelat Bordes = 15 cm
- Diameter Tulangan Lentur = 16 mm
- Tebal selimut Beton = 20 mm
- Jumlah Tanjakan = 20 tanjakan
- Jumlah Injakan = 18 injakan

### 5.3.1.1 Perhitungan Pembebanan Tangga

Syarat perancangan :

$$60 \leq 2.t + i \leq 65$$

Lebar injakan ( i ) diambil : 30 cm

Tinggi tanjakan diambil = 17 cm

$$60 \leq 2*t + i \leq 65$$

$$60 \leq 2*18 + 30 = 66$$

$$17,5 \leq 18 \leq 20$$

Syarat kemiringan tangga

$$20 \leq \alpha \leq 40$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{18}{30}\right) = 30,96^\circ < 40^\circ \dots\dots\dots \text{OK}$$

tebal rata-rata pelat tangga

$$\begin{aligned} x &= \left(\frac{i}{2}\right) * \sin \alpha \\ &= \left(\frac{30}{2}\right) * \sin 30,96^\circ \\ &= 7,717 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat total rata-rata} &= \text{tebal pelat tangga} + x \\ &= 15 + 7,717 \\ &= 22,717 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Pembebanan Pelat Bordes**

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat Sendiri} = 0,15 \times 2400$$

$$= 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 1 \text{ cm} \times 24 \text{ kg/m}^2$$

$$= 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 2 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2$$

$$= 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Railing}$$

$$= \underline{50 \text{ kg/m}^2} +$$

$$\text{Total}$$

$$= 476 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban Hidup (LL)}$$

$$= 300 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{PPIUG 1983})$$

- **Pembebanan Pelat Anak Tangga**

1. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat Sendiri} = 0,2271 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 30,96} =$$

$$606,134 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 1 \text{ cm} \times 24 \text{ kg/m}^2$$

$$= 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 2 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2$$

$$= 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Railing}$$

$$= \underline{50 \text{ kg/m}^2} +$$

$$\text{Total}$$

$$= 722,134 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban Hidup (LL)}$$

$$= 300 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{PPIUG 1983})$$

### 5.3.1.2 Analisa Gaya Dalam

Dengan menggunakan program SAP2000 maka didapatkan :

- Saat Tangga diangkat
  - Pada tangga atas :
 

Momen positif	= 1282,83 kgm
Momen negatif	= 504,29 kgm
Gaya lintang maksimum	= 2006,33 kgm
  - Pada tangga bawah :
 

Momen positif	= 1282,83 kgm
Momen negatif	= 504,29 kgm
Gaya lintang maksimum	= 2006,33 kgm

### 5.3.1.3 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

- Saat Pengangkatan
 

$dx = 227,174 - 20 - 16 - 16/2$	= 183,174 mm
$dy = 227,174 - 20 - 16/2$	= 199,174 mm

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,054 \times 0,6 \\ &= 0,032\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{maks} &= 0,75 \times \rho_{balance} \\ &= 0,75 \times 0,032 \\ &= 0,024\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

- **Tulangan positif arah Y**

$$R_n = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{12828300 \text{ Nmm}}{1000 \times 199,174^2} = 0,323 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \times 0,323}{400}} \right)$$

$$= 0,000813$$

$\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$  maka,  $\rho \text{ perlu} \times 30\%$

$$\rho \text{ perlu} = 1,3 \times 0,000813$$

$$= 0,00106$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 1000 \times 199,174 = 697,11 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.5 menyebutkan bahwa :

$$\text{Jarak tulangan utama} \leq 3 \times \text{tebal pelat} = 681,5 \text{ mm}$$

$$\leq 500 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan lentur Ø16 – 200 mm ( $A_s = 1005 \text{ mm}^2$ ) >  $A_s \text{ perlu}$  ..... OK

- **Tulangan negatif arah Y**

$$R_n = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{5042900 \text{ Nmm}}{1000 \times 199,174^2} = 0,127 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\rho \text{ perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \times 0,127}{400}} \right)$$

$$= 0,000318$$

$\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$  maka,  $\rho \text{ perlu} \times 30\%$

$$\rho \text{ perlu} = 1,3 \times 0,000318$$

$$= 0,00041$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0035$

$$As \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 1000 \times 199,174 = 697,11 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.5 menyebutkan bahwa :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan utama} &\leq 3 \times \text{tebal pelat} = 681,5 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur Ø16 – 200 mm ( $As = 1005 \text{ mm}^2$ ) >  $As \text{ perlu}$  ..... OK

- **Tulangan arah X**

Sebenarnya arah X tidak perlu dipasang penulangan tetapi walaupun tidak diperlukan tulangan harus tetap dipasangkan tulangan dan untuk penulangannya diambil rasio tulangan minimum.

$$\rho \text{ min} = 0,0035$$

Tulangan arah X sesudah komposit :

$$As \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 1000 \times 183,174 = 641,11 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.5 menyebutkan bahwa :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan utama} &\leq 5 \times \text{tebal pelat} = 1135 \text{ mm} \\ &\leq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur Ø16 – 200 mm ( $As = 1005 \text{ mm}^2$ ) >  $As \text{ perlu}$  ..... OK

- **Penulangan Geser**

$$Vu = 2006,33 \text{ kg}$$

$$Vc = 1/6 \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d$$

$$\phi Vc = \phi \times 1/6 \times \sqrt{f'c'} \times bw \times d$$

$$\begin{aligned} \phi Vc &= 0,6 \times 1/6 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 183,174 \\ &= 100328,73 \text{ N} = 10032,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena  $Vu \leq \phi Vc$  maka tidak perlu penulangan geser

#### 5.3.1.4 Perhitungan tulangan angkat tangga

- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut ( $k = 1,2$ ) pada saat pengangkatan.
- $DL = (476 \times 4 \times 1,575) + (722 \times 2,925 \times 1,875) = 6959,25 \text{ kg}$
- Sesuai dengan PPIUG 1983 bahwa beban pekerja adalah 100 kg

Dalam hal ini dianggap ada 2 orang pekerja yang ikut serta diatas pelat untuk mengatur dan mengarahkan posisi pelat

Maka  $LL = 2 \times 100 \text{ kg} = 200 \text{ kg}$

Beban ultimate  $= (1,2 \times 1,2 \times 6959,255) + (1,2 \times 1,6 \times 200) = 10405,32 \text{ kg}$

Gaya angkat ( $T_u$ ) setiap tulangan  $= \frac{10405,32}{4} = 2601,33 \text{ kg}$

$\sigma$  tarik ijin  $= \frac{f_y}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,66 \text{ kg/cm}^2$

maka diameter tulangan angkat  $= \sqrt{\frac{4 \times T_u}{\mu \times \sigma \text{ tarik ijin}}}$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 10405,32}{\mu \times 2601,33}}$$

$$= 0,0249 \text{ mm}^2$$

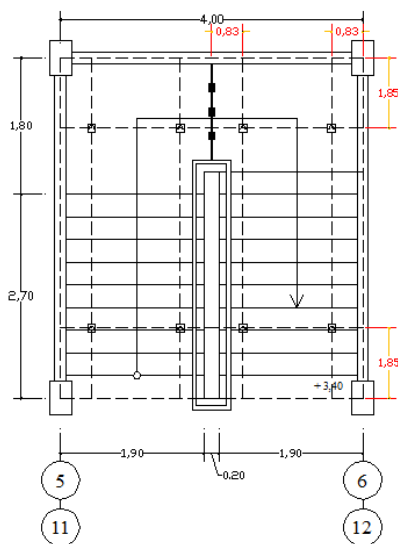
Maka dipakai  $\emptyset 12 \text{ mm}^2$  ( $A_s = 11,3 \text{ mm}^2$ )



### 5.3.2 Tangga Pracetak Tipe 2

Pada perancangan ini, tangga diasumsikan sebagai frame 2 dimensi yang kemudian dianalisa untuk menentukan gaya-gaya dalamnya dengan perencanaan struktur statis tertentu. Perletakan dapat diasumsikan sebagai sendi-sendi, sendi-jepit, sendi-rol, ataupun jepit-jepit. Perbedaan asumsi akan menentukan cara penulangan konstruksi serta pengaruhnya terhadap struktur secara keseluruhan. Dalam perhitungan ini perletakan diasumsikan sebagai sendi-rol.

Data-data perencanaan :



Gambar 5.38 Dimensi Tangga Type 2

• Mutu Beton ( $f_c'$ )	= 30 Mpa
• Mutu Baja ( $f_y$ )	= 400 Mpa
• Panjang Bordes	= 157,5 cm
• Panjang Tangga	= 450 cm
• Lebar Tangga	= 400 cm
• Tebal Pelat Miring	= 15 cm
• Tebal Pelat Bordes	= 15 cm
• Diameter Tulangan Lentur	= 16 mm
• Tebal selimut Beton	= 20 mm
• Jumlah Tanjakan	= 20 tanjakan
• Jumlah Injakan	= 18 injakan

#### 5.3.2.1 Perhitungan Pembebanan Tangga

Syarat perancangan :

$$60 \leq 2.t + i \leq 65$$

Lebar injakan (  $i$  ) diambil : 30 cm

Tinggi tanjakan diambil = 15 cm

$$60 \leq 2*t + i \leq 65$$

$$60 \leq 2*15 + 30 = 60$$

$$15 \leq 18 \leq 20$$

Syarat kemiringan tangga

$$20 \leq \alpha \leq 40$$

$$\alpha = \arctan \left( \frac{18}{30} \right) = 30,96^\circ < 40^\circ \dots\dots\dots \text{OK}$$

tebal rata-rata pelat tangga

$$\begin{aligned} x &= \left( \frac{i}{2} \right) * \sin \alpha \\ &= \left( \frac{30}{2} \right) * \sin 30,96^\circ \\ &= 7,717 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat total rata-rata} &= \text{tebal pelat tangga} + x \\ &= 15 + 7,717 \\ &= 22,717 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Pembebanan Pelat Bordes**

3. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat Sendiri} = 0,15 \times 2400$$

$$= 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 1 \text{ cm} \times 24 \text{ kg/m}^2$$

$$= 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 2 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2$$

$$= 42 \text{ kg/m}^2$$

Railing

$$= \underline{50 \text{ kg/m}^2} +$$

Total

$$= 476 \text{ kg/m}^2$$

4. Beban Hidup (LL)

Beban Hidup (LL)

$$= 300 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{PPIUG 1983})$$

- **Pembebanan Pelat Anak Tangga**

3. Beban Mati (DL)

$$\text{Berat Sendiri} = 0,2271 \times 2400 \times \frac{1}{\cos 30,96} =$$

$$606,134 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Tegel} = 1 \text{ cm} \times 24 \text{ kg/m}^2$$

$$= 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi} = 2 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2$$

$$= 42 \text{ kg/m}^2$$

Railing

$$= \underline{50 \text{ kg/m}^2} +$$

Total

$$= 722,134 \text{ kg/m}^2$$

4. Beban Hidup (LL)

Beban Hidup (LL)

$$= 300 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{PPIUG 1983})$$

### 5.3.2.2 Analisa Gaya Dalam

Dengan menggunakan program SAP2000 maka didapatkan :

- Saat Tangga diangkat
  - Pada tangga atas :
 

Momen positif	= 1088,2 kgm
Momen negatif	= -1569,94 kgm
Gaya lintang maksimum	= 9116,52 kgm
  - Pada tangga bawah :
 

Momen positif	= 1088,2 kgm
Momen negatif	= -1569,94 kgm
Gaya lintang maksimum	= 9116,52 kgm

### 5.3.2.3 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

- Saat Pengangkatan
 

$dx = 227,174 - 20 - 16 - 16/2$	$= 173,08 \text{ mm}$
$dy = 227,174 - 20 - 16/2$	$= 189,08 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \times \frac{600}{600 + 400} \\ &= 0,054 \times 0,6 \\ &= 0,032 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,032 \\ &= 0,024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

- **Tulangan positif arah Y**

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{10882000 \text{ Nmm}}{1000 \times 189,08^2} = 0,304 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \times 0,274}{400}} \right) \\ &= 0,0007655 \end{aligned}$$

$\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$  maka,  $\rho \text{ perlu} \times 30\%$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= 1,3 \times 0,0007655 \\ &= 0,00106 \end{aligned}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 1000 \times 189,08 = 661,787 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.5 menyebutkan bahwa :

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan utama} &\leq 3 \times \text{tebal pelat} = 681,5 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur Ø16 – 200 mm ( $A_s = 1005 \text{ mm}^2$ ) >  $A_s \text{ perlu}$  ..... OK

- **Tulangan negatif arah Y**

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{15699400 \text{ Nmm}}{1000 \times 189,08^2} = 0,439 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \times 0,439}{400}} \right) \\ &= 0,00011 \end{aligned}$$

$\rho \text{ perlu} < \rho \text{ min}$  maka,  $\rho \text{ perlu} \times 30\%$

$$\begin{aligned}\rho \text{ perlu} &= 1,3 \times 0,00011 \\ &= 0,000144\end{aligned}$$

Maka dipakai  $\rho = 0,0035$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 1000 \times 189,08 = 661,787 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.5 menyebutkan bahwa :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tulangan utama} &\leq 3 \times \text{tebal pelat} = 681,5 \text{ mm} \\ &\leq 500 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur Ø16 – 200 mm (As = 1005 mm<sup>2</sup>) > As perlu ..... OK

- **Tulangan arah X**

Sebenarnya arah X tidak perlu dipasang penulangan tetapi walaupun tidak diperlukan tulangan harus tetap dipasangkan tulangan dan untuk penulangannya diambil rasio tulangan minimum.

$$\rho \text{ min} = 0,0035$$

Tulangan arah X sesudah konposit :

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 1000 \times 173,08 = 605,787 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.5 menyebutkan bahwa :

$$\begin{aligned}\text{Jarak tulangan utama} &\leq 5 \times \text{tebal pelat} = 1135 \text{ mm} \\ &\leq 450 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur Ø16 – 200 mm (As = 1005 mm<sup>2</sup>) > As perlu ..... OK

- **Penulangan Geser**

$$V_u = 9116,52 \text{ kg}$$

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = \phi \times 1/6 \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 1/6 \times \sqrt{30} \times 1000 \times 173,08$$

$= 94800,937 \text{ N} = 9480,09 \text{ kg}$   
 Karena  $V_u \leq \phi V_c$  maka tidak perlu penulangan geser

#### 5.3.2.4 Perhitungan tulangan angkat tangga

- Pada perhitungan beban ultimate ditambahkan koefisien kejut ( $k = 1,2$ ) pada saat pengangkatan.
- $DL = (476 \times 4 \times 1,575) + (722 \times 2,925 \times 1,875) = 6959,25 \text{ kg}$
- Sesuai dengan PPIUG 1983 bahwa beban pekerja adalah 100 kg

Dalam hal ini dianggap ada 2 orang pekerja yang ikut serta diatas pelat untuk mengatur dan mengarahkan posisi pelat

Maka  $LL = 2 \times 100 \text{ kg} = 200 \text{ kg}$

Beban ultimate  $= (1,2 \times 1,2 \times 6959,255) + (1,2 \times 1,6 \times 200) = 10405,32 \text{ kg}$

Gaya angkat ( $T_u$ ) setiap tulangan  $= \frac{10405,32}{4} = 2601,33 \text{ kg}$

$\sigma \text{ tarik ijin} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,66 \text{ kg/cm}^2$

maka diameter tulangan angkat  $= \sqrt{\frac{4 \times T_u}{\mu \times \sigma \text{ tarik ijin}}}$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 10405,32}{\mu \times 2601,33}}$$

$$= 0,0249 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai  $\phi 12 \text{ mm}^2$  ( $A_s = 11,3 \text{ mm}^2$ )

## BAB VI

### Perhitungan Struktur Primer

#### 6.1 Perhitungan Kolom

Berikut ini akan dibahas perhitungan penulangan kolom, sebagai contoh perhitungan diambil kolom struktur As 1-D pada lantai 3. Perhitungan berikut disertai dengan data perencanaan, gambar denah kolom, output dan diagram gaya dalam dari analisis SAP 2000, ketentuan perhitungan dan syarat-syarat penulangan kolom dalam metode SRPMM, sampai dengan hasil akhir gambar penampang kolom adalah sebagai berikut :

##### 6.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

###### 6.1.1.1 Data perencanaan kolom :

- Tipe kolom : K-4
- As kolom : 2-D
- Tinggi kolom atas : 3000 mm
- Tinggi kolom bawah : 3000 mm
- Dimensi kolom atas : 300 mm x 450 mm
- Dimensi kolom bawah : 300 mm x 450 mm
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) :  $4700 \sqrt{f_c'}$
- Modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) : 200000 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$  lentur) : 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$  geser) : 240 MPa
- Diameter tulangan lentur ( $\emptyset$ lentur) : 19 mm
- Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ geser) : 10 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 40 mm



(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1)

- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) : 40 mm  
(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.3)
- Faktor  $\beta_1$  : 0,85  
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.(3))
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,8  
(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(1))
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

Berdasarkan data output SAP 2000 frame 1182 didapatkan :

- Gaya aksial kolom



$P_{DL}$  (DEAD) : 8547,51 kg = 85475,1 N



$P_{LL}$  (LIVE) : 10591,85 kg = 105.918,5 N

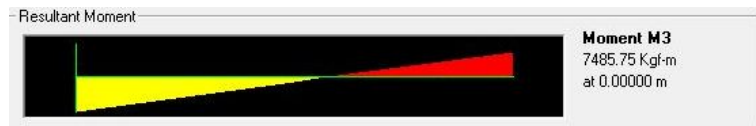
1,2 DL = 1,2 .85475,1 N  
= 102.570,12



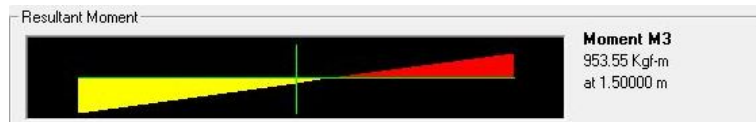
$$P_u (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}) : 27236,38 \text{ kg} = 272.363,8 \text{ N}$$

- Momen akibat pengaruh beban gravitasi akibat kombinasi 1,2 DL+1,6 LL

### Momen arah sumbu X

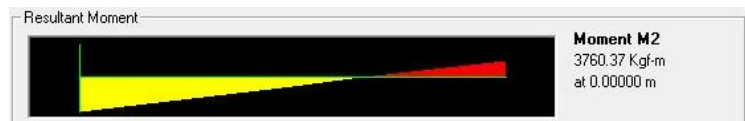


$$M_{1ns} : 7485,75 \text{ kg.m} = 74.857.500 \text{ Nmm}$$

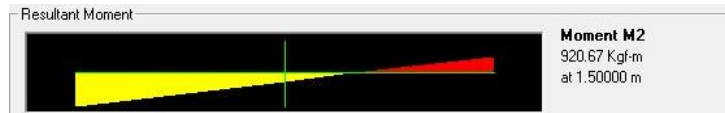


$$M_{2ns} : 953,55 \text{ kg.m} = 9.535.500 \text{ Nmm}$$

### Momen arah sumbu Y



$$M_{1ns} : 3760,37 \text{ kg.m} = 37.603.700 \text{ Nmm}$$



$$M_{2ns} : 920,67 \text{ kg.m} = 9.206.700 \text{ Nmm}$$

Momen Akibat Pengaruh Beban Gravitasi :

$M_{1ns}$  : adalah nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

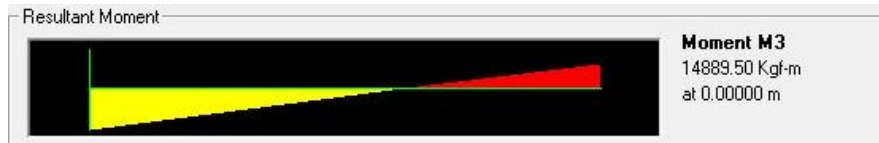
(SNI 03-2847-2002)

$M_{2ns}$  : adalah nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

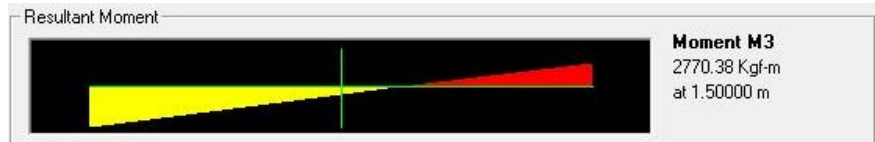
(SNI 03-2847-2002)

- Momen akibat pengaruh beban gempa

Momen arah sumbu X



$$M_{1s} : 14.889,50 \text{ kg.m} = 148.895.000 \text{ Nmm}$$

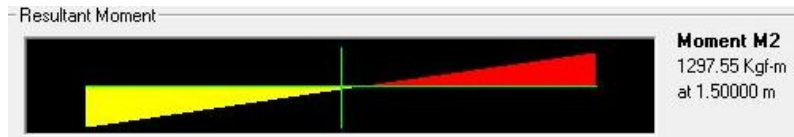


$$M_{2s} : 2770,38 \text{ kg.m} = 27.703.800 \text{ Nmm}$$

Momen arah sumbu Y



$$M_{1s} : 17209,32 \text{ kg.m} = 172.093.200 \text{ Nmm}$$



$$M_{2s} : 1297,55 \text{ kg.m} = 12.975.500 \text{ Nmm}$$

#### Momen Akibat Pengaruh Beban Gempa :

$M_{1s}$  : momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam Nmm  
(SNI 03-2847-2002)

$M_{2s}$  :momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam Nmm  
(SNI 03-2847-2002)

#### **6.1.1.2** Menghitung faktor $\beta_d$

$\beta_d$  adalah rasio beban aksial tetap terfaktor yang bernilai maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum.

$$\begin{aligned}\beta_d &= \frac{Pu(1,2)}{Pu(1,2DL + 1,6 LL)} \\ &= \frac{102.570,12 \text{ N}}{272.363,8 \text{ N}} \\ &= 0,38\end{aligned}$$

#### **6.1.1.3** Menghitung faktor kekakuan (EI)

- Panjang tekuk kolom

$$\psi = \frac{\sum(EI/L)_{kolom}}{\sum(EI/L)_{balok}}$$

Untuk kolom yang ditinjau

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 25742,96 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1)*

Momen Inersia Kolom

$$\begin{aligned} I_k &= 0,70 \cdot I_g \\ &= 0,70 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\ &= 0,70 \cdot (1/12 \cdot 300\text{mm} \cdot (450 \text{ mm})^3) \\ &= 0,70 \cdot 2.278.125.000 \text{ mm}^4 \\ &= 1.594.687.500 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1)*

$$\begin{aligned} EI_k &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_k}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \cdot 25742,96 \text{ N/mm}^2 \cdot 1.860.468.750 \text{ mm}^4}{1 + 0,38} \\ &= 1,19 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)*

Untuk kolom bawah

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 25742,96 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1)*

Momen Inersia Kolom

$$\begin{aligned}
 I_k &= 0,70 \cdot I_g \\
 &= 0,70 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\
 &= 0,70 \cdot (1/12 \cdot 300\text{mm} \cdot (450 \text{ mm})^3) \\
 &= 0,70 \cdot 2.278.125.000 \text{ mm}^4 \\
 &= 1.594.687.500 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1)

$$\begin{aligned}
 EI_k &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_k}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \cdot 25742,96 \text{ N/mm}^2 \cdot 1.860.468.750 \text{ mm}^4}{1 + 0,38} \\
 &= 1,19 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

- Balok atas

arah sumbu X

dimensi balok = 250 mm x 450 mm

panjang balok = 4700 mm

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f'c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 25742,96 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1})
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

$$\begin{aligned}
 I_b &= 0,35 \cdot I_g \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot 250\text{mm} \cdot (450 \text{ mm})^3) \\
 &= 0,35 \cdot 1.898.437.500 \text{ mm}^4 \\
 &= 664.453.125 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1)

$$EI_k = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_b}{1 + \beta d}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,4 \cdot 25742,96 \text{ N/mm}^2 \cdot 664.453.125 \text{ mm}^4}{1 + 0,38} \\
 &= 4,97 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)}
 \end{aligned}$$

arah sumbu Y

dimensi balok = 250 mm x 450 mm

panjang balok = 4500 mm

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f'c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 25742,96 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1)}
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

$$\begin{aligned}
 I_b &= 0,35 \cdot I_g \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot 250\text{mm} \cdot (450 \text{ mm})^3) \\
 &= 0,35 \cdot 1.898.437.500 \text{ mm}^4 \\
 &= 664.453.125 \text{ mm}^4 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_k &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_b}{1 + \beta_d} \\
 &= \frac{0,4 \cdot 25742,96 \text{ N/mm}^2 \cdot 664.453.125 \text{ mm}^4}{1 + 0,38} \\
 &= 4,97 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)}
 \end{aligned}$$

- Balok bawah  
arah sumbu X  
 dimensi balok = 250 mm x 450 mm  
 panjang balok = 4700 mm

Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f'c'} \\ &= 4700 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \\ &= 25742,96 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1)

Momen Inersia Balok

$$\begin{aligned} I_b &= 0,35 \cdot I_g \\ &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\ &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot 250\text{mm} \cdot (450 \text{ mm})^3) \\ &= 0,35 \cdot 1.898.437.500 \text{ mm}^4 \\ &= 664.453.125 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1)

$$\begin{aligned} EI_k &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_b}{1 + \beta_d} \\ &= \frac{0,4 \cdot 25742,96 \text{ N/mm}^2 \cdot 664.453.125 \text{ mm}^4}{1 + 0,38} \\ &= 4,97 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)

arah sumbu Y

dimensi balok = 250 mm x 450 mm  
 panjang balok = 4500 mm

Modulus Elastisitas Beton



$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f'c'} \\
 &= 4700 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 25742,96 \text{ N/mm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 10.5.1)}
 \end{aligned}$$

Momen Inersia Balok

$$\begin{aligned}
 I_b &= 0,35 \cdot I_g \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3) \\
 &= 0,35 \cdot (1/12 \cdot 250\text{mm} \cdot (450 \text{ mm})^3) \\
 &= 0,35 \cdot 1.898.437.500 \text{ mm}^4 \\
 &= 664.453.125 \text{ mm}^4 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.11.1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 EI_k &= \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_b}{1 + \beta d} \\
 &= \frac{0,4 \cdot 25742,96 \text{ N/mm}^2 \cdot 664.453.125 \text{ mm}^4}{1 + 0,38} \\
 &= 4,97 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 12.12.3)}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan diagram faktor panjang tekuk (K).

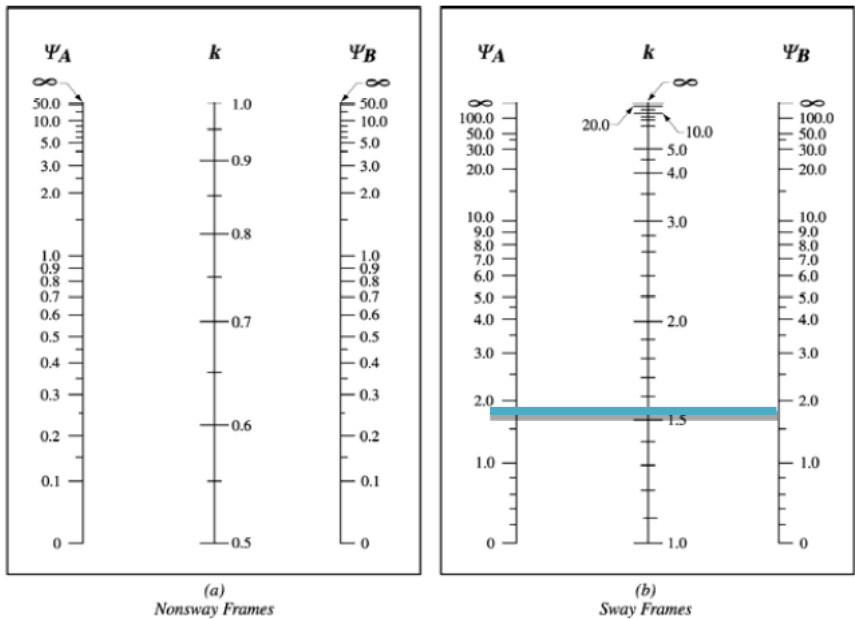
Kolom atas

$$\begin{aligned}
 \psi &= \frac{\sum (EI/L)_{kolom}}{\sum (EI/L)_{balok}} \\
 \psi &= \frac{1,19 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2 / 3000 \text{ mm}}{(4,97 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 / 4700 \text{ mm}) + (4,97 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 / 4500 \text{ mm})}
 \end{aligned}$$

$$= 1,84$$

Kolom bawah

$$\begin{aligned}\psi &= \frac{\sum (EI/L)_{kolom}}{\sum (EI/L)_{balok}} \\ &= \frac{1,39 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2 / 3000 \text{ mm}}{(4,97 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 / 4700 \text{ mm}) + (4,97 \times 10^{12} \text{ Nmm}^2 / 4500 \text{ mm})} \\ &= 1,84\end{aligned}$$



Gambar 6.1 Faktor Panjang Efektif (K)

Dari grafik alligment kolom didapat **k = 1,52**

(SNI 03-2847-2002 Pasal 12.11.(6))

**6.1.1.4** Menghitung radius girasi (r)

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{1.594.687.500 \text{ mm}^4}{135.000 \text{ mm}^2}}$$

$$r = 108,69 \text{ mm}$$

**6.1.1.5** Kontrol kelangsingan kolom

Kolom dianggap tanpa pengaku (unbraced)

Syarat :

nilai  $\frac{k \cdot Lu}{r} < 22$  pengaruh kelangsingan diabaikan  
(termasuk kolom pendek)

nilai  $\frac{k \cdot Lu}{r} \geq 22$  pengaruh kelangsingan tidak diabaikan  
(termasuk kolom langsing)

(SNI 03-2847-2002 Pasal 12.13.2)

$$\frac{k \cdot Lu}{r} = \frac{1,52 \cdot 2775 \text{ mm}}{108,69 \text{ mm}}$$

$$= 38,81 \geq 22 \text{ (kolom langsing)}$$

maka pengaruh kelangsingan tidak diabaikan sehingga terjadi pembesaran momen.

**6.1.1.6** Menghitung nilai  $P_c$  (P kritis) pada kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{k \cdot lu^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \cdot (1,19 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2)}{(1,52 \cdot 2775 \text{ mm})^2}$$

$$= 10.066.266,82 \text{ N}$$

$$\Sigma P_c = n \cdot P_c$$

$$= 64 \cdot 10.066.266,82 \text{ N}$$

$$= 644.241.076,3 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 272.363,8 \text{ N} \\ \Sigma P_u &= 13.738.287 \text{ N} \end{aligned}$$

dimana :

$\Sigma P_c$  = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat.

$\Sigma P_u$  = jumlah seluruh beban vertikal terfaktor yang bekerja pada suatu tingkat. (diambil dari output SAP)

#### 6.1.1.7 Menghitung faktor pembesaran momen

Faktor pembesaran momen akibat pengaruh beban gempa

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{13.738.287 \text{ N}}{0,75 \cdot 644.241.076,3 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,0029 \geq 1 \text{ (memenuhi)}$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.4.(3))*

#### 6.1.1.8 Menghitung pembesaran momen

- Arah X

$$M_{1ns} : 7485,75 \text{ kg.m} = 74.857.500 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} : 953,55 \text{ kg.m} = 9.535.500 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} : 14889,50 \text{ kg.m} = 148.895.000 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} : 2770,38 \text{ kg.m} = 27.703.800 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_{1x} &= M_{1ns} + (\delta_s \cdot M_{1s}) \\ &= 74.857.500 \text{ Nmm} + (1,0029 \cdot 148.895.000 \text{ Nmm}) \\ &= 224.184.295,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

*(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.3)*

$$\begin{aligned}
 M_{2x} &= M_{2ns} + (\delta_s \cdot M_{2s}) \\
 &= 9.535.500 \text{ Nmm} + (1,0029 \cdot 27.703.800 \text{ Nmm}) \\
 &= 37.319.641,02 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.3)

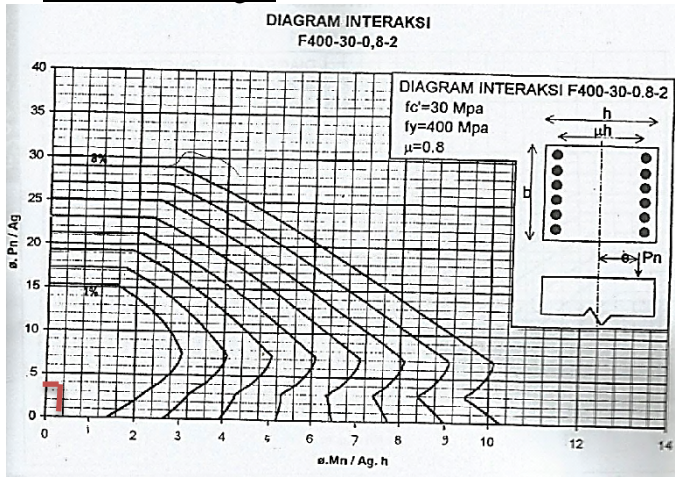
Diambil momen yang terbesar yaitu :

$$M1x = 224.184.295,5 \text{ Nmm}$$

$$\frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{272.363,8}{300.450} = 2,02$$

$$\frac{M_u}{b \cdot h^3} = \frac{224.184.295,5}{300.450^3} = 0.0082$$

● Presentase tulangan



Gambar 6.2 Diagram Interaksi Kolom

Dari diagram interaksi didapatkan tulangan minimum  
 $\rho = 0,01$

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho \times b \times h \\ &= 0,01 \times 450 \times 300 \\ &= 1350 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan D25} &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\ &= 1/4 \times \pi \times (16)^2 = 201,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{\text{luas tul. lentur}} = \frac{1350}{201,06} = 6,71 = 8 \text{ buah}$$

Maka dapat direncanakan penulangan lentur kolom type K-4 untuk peninjauan momen arah X menggunakan tulangan sebesar 8D16 yang di pasang pada sisi kiri dan kanan penampang kolom.

Presentase tulangan terpasang :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{luas tul. terpasang}}{\text{luas bruto kolom}} \\ &= \frac{8 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2}{300 \cdot 450} \\ &= 1,19\% \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan arah X :  
 Syarat agregat min = 25 mm

Smaks

$$= \frac{b - (2 \times \text{decking})) - (2 \cdot \theta_{geser}) - (jml \text{ tul} \cdot D \text{ lentur})}{\text{Jumlah tulangan} - 1}$$

$$\text{Smaks} = \frac{450 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (8 \cdot 16)}{8 - 1}$$

Smaks = 31,71 mm → memenuhi

### Cek Kondisi Balance

- Tinggi efektif kolom

- d = b – decking - Ø sengkang – ½ Ø lentur  
 $= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm})$   
 $= 392 \text{ mm}$
- d' = decking + Ø sengkang + ½ Ø lentur  
 $= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm})$   
 $= 58 \text{ mm}$
- d'' = b – decking - Ø sengkang – ½ Ø lentur – ½ b  
 $= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}) -$   
 $(\frac{1}{2} \cdot 300 \text{ mm})$   
 $= 242 \text{ mm}$
- e<sub>min</sub> = (15 + 0.03 x h)  
 $= (15 + 0.03 \times 300)$   
 $= 24 \text{ mm}$
- Xb =  $\frac{600}{600 + f_y} \times d$   
 $= \frac{600}{600 + 400} \times 392$   
 $= 235,2 \text{ mm}$
- ab = β<sub>1</sub> x Xb  
 $= 0,85 \times 235,2$

- $$= 199,92 \text{ mm}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \quad C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 804,24 \times (400 - 0,85 \times 30) \\ &= 301.187,88 \text{ N} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \quad C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_b \\ &= 0,85 \times 30 \times 450 \times 0,85 \times 235,2 \\ &= 2.294.082 \text{ N} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \quad T &= A_s \times f_y \\ &= 804,24 \times 400 \\ &= 321.696 \text{ N} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \quad P_b &= C_c' + C_s' - T \\ &= 2.294.082 \text{ N} + 301.187,88 \text{ N} - 321.696 \text{ N} \\ &= 2.273.573 \text{ N} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \quad M_b &= P_b \times e_b \\ &= C_c' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\ &= 2.294.082 \text{ N} \left( 392\text{mm} - 242\text{mm} - \frac{199,92 \text{ mm}}{2} \right) \\ &\quad + 301.187,88 (392\text{mm} - 242\text{mm} - 58\text{mm}) + 321.696 \text{ N} \cdot 242\text{mm} \\ &= 220.355.580,2 \text{ Nmm} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \bullet \quad e_b &= \frac{M_b}{P_b} \\ &= \frac{220.355.580,2 \text{ Nmm}}{2.273.573 \text{ N}} \\ &= 96,92 \text{ mm} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \bullet \quad e_{\text{perlu}} &= \frac{Mu}{Pu} \\
 &= \frac{\left( \frac{224.184.295,5 \text{ Nmm}}{0.65} \right)}{\left( \frac{272.363,8 \text{ N}}{0.65} \right)} \\
 &= 823,11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$$\begin{aligned}
 e_{\min} &< e_{\text{perlu}} \\
 &< e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tekan Menentukan)} \\
 e_{\min} &< e_{\text{perlu}} \\
 &> e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tarik Menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\min} &< e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}} \\
 30 \text{ mm} &< 823,11 \text{ mm} > 96,92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

***Maka kolom termasuk dalam kondisi tarik menentukan.***

### **Cek Kondisi Tarik Menentukan**

Diambil nilai  $X = 0,55 \times b = 0,55 \times 450 = 247,5 \text{ mm}$

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y \longrightarrow f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \varepsilon_s &= \left( 1 - \frac{d'}{x} \right) \times 0.003 \\
 &= \left( 1 - \frac{58}{247,5} \right) \times 0.003 \\
 &= 0,0023
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \varepsilon_y &= \frac{f_s}{E_s} \\
 &= \frac{400}{200000} \\
 &= 0,002
 \end{aligned}$$

- $$Cs' = As' \times (fy - 0,85 \times fc')$$

$$= 804,24 \times (400 - 0,85 \times 30)$$

$$= 301.187,88 \text{ N}$$
- $$Cc' = 0,85 \times fc' \times b \times \beta_1 \times X$$

$$= 0,85 \times 30 \times 450 \times 0,85 \times 247,5$$

$$= 2.414.053,125 \text{ N}$$
- $$T = As \times fy$$

$$= 804,24 \times 400$$

$$= 321.696 \text{ N}$$
- $$P = Cc' + Cs' - T$$

$$= 2.414.053,125 \text{ N} + 301.187,88 \text{ N} - 321.696 \text{ N}$$

$$= 2.393.545,005 \text{ N}$$

$$P > Pb \quad \rightarrow \quad 2.393.545,005 \text{ N} > 2.273.573 \text{ N (*memenuhi*)}$$

- $$Mn = P \times e$$

$$= Cc' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 2.414.053,125 \left( 392 - 242 - \frac{199,92}{2} \right)$$

$$+ 301.187,88 (392 - 242 - 58)$$

$$+ 321.696 \cdot 242$$

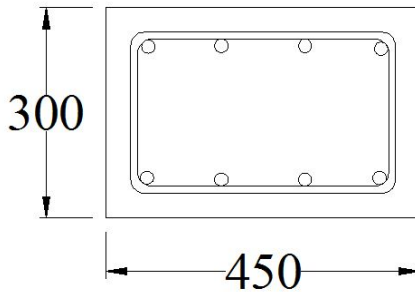
$$= 274.678.622,7 \text{ Nmm}$$

Syarat :

$$\emptyset Mn > Mu$$

$$0,85 \times 274.678.622,7 \text{ Nmm} > 224.184.295,5 \text{ Nmm}$$

$$233.476.829,3 \text{ Nmm} > 224.184.295,5 \text{ Nmm (*memenuhi*)}$$



Gambar 6.3 Penulangan Kolom Arah X

- **Penulangan Kolom Akibat Momen Arah Y (M 2-2)**

- Arah Y

$$M_{1ns} : 3760,37 \text{ kg.m} = 37.603.700 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} : 920,67 \text{ kg.m} = 9.206.700 \text{ Nmm}$$

$$M_{1s} : 17209,32 \text{ kg.m} = 172.093.200 \text{ Nmm}$$

$$M_{2s} : 1297,55 \text{ kg.m} = 12.975.500 \text{ Nmm}$$

$$M_1 = M_{1ns} + (\delta_s \cdot M_{1s})$$

(SNI 03-2847-

2002 pasal 12.13.3)

$$= 37.603.700 \text{ Nmm} + (1,027 \cdot 172.093.200 \text{ Nmm})$$

$$= 214.343.416,4 \text{ Nmm}$$

$$M_2 = M_{2ns} + (\delta_s \cdot M_{2s})$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.13.3)

$$= 9.206.700 \text{ Nmm} + (1,027 \cdot 12.975.500 \text{ Nmm})$$

$$= 22.532.538,5 \text{ Nmm}$$

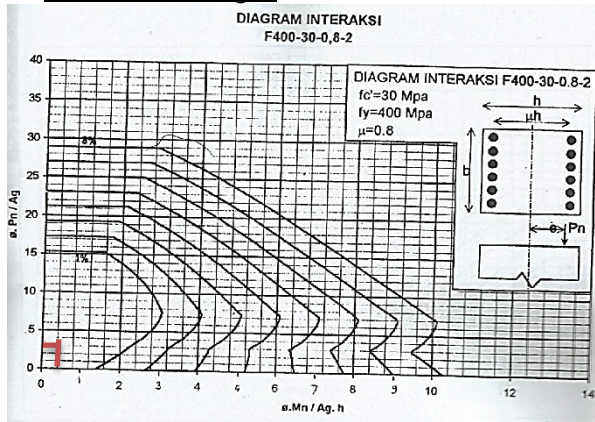
Diambil momen yang terbesar yaitu :

$$M_{1y} = 214.343.416,4 \text{ Nmm}$$

$$\frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{272.363,8}{300.450} = 2,02$$

$$\frac{M_u}{b \cdot h^3} = \frac{214.343.416,4}{300.450^3} = 0.0067$$

● Presentase tulangan



Gambar 6.4 Diagram Interaksi Kolom

Dari diagram interaksi didapatkan tulangan minimum  
 $\rho = 0,01$

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho \times b \times h \\ &= 0,01 \times 450 \times 300 \\ &= 1350 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan D25} &= 1/4 \times \pi \times D^2 \\ &= 1/4 \times \pi \times (16)^2 = 201,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{\text{luas tul. lentur}} = \frac{1350}{201,06} = 6,71 = 8 \text{ buah}$$

Maka dapat direncanakan penulangan lentur kolom type K-4 untuk peninjauan momen arah Y menggunakan tulangan sebesar 8D16 yang di pasang pada sisi kiri dan kanan penampang kolom.

Presentase tulangan terpasang :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{luas tul. terpasang}}{\text{luas bruto kolom}} \\
 &= \frac{8 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2}{300 \cdot 450} \\
 &= 1,19\%
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan arah Y :

Syarat agregat min = 25 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Smaks} &= \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \cdot \theta_{geser}) - (\text{jml tul} \cdot D \text{ lentur})}{\text{Jumlah tulangan} - 1} \\
 \text{Smaks} &= \frac{450 - (2 \cdot 40) - (2 \cdot 10) - (8 \cdot 16)}{8 - 1}
 \end{aligned}$$

Smaks = 31,71 mm → memenuhi

### Cek Kondisi Balance

- Tinggi efektif kolom
- d = b – decking - Ø sengkang – ½ Ø lentur

- $$= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left( \frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm} \right)$$

$$= 392 \text{ mm}$$
- $$\bullet d' = \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ lentur}$$

$$= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left( \frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm} \right)$$

$$= 58 \text{ mm}$$
- $$\bullet d'' = b - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ lentur} - \frac{1}{2} b$$

$$= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left( \frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm} \right) - \left( \frac{1}{2} \cdot 300 \text{ mm} \right)$$

$$= 242 \text{ mm}$$
- $$\bullet e_{\min} = (15 + 0.03 \times h)$$

$$= (15 + 0.03 \times 300)$$

$$= 24 \text{ mm}$$
- $$\bullet X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$= \frac{600}{600 + 400} \times 392$$

$$= 235,2 \text{ mm}$$
- $$\bullet a_b = \beta_1 \times X_b$$

$$= 0,85 \times 235,2$$

$$= 199,92 \text{ mm}$$
- $$\bullet C_s' = A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c')$$

$$= 804,24 \times (400 - 0,85 \times 30)$$

$$= 301.187,88 \text{ N}$$
- $$\bullet C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_b$$

$$= 0,85 \times 30 \times 450 \times 0,85 \times 235,2$$

$$= 2.294.082 \text{ N}$$
- $$\bullet T = A_s \times f_y$$

$$= 804,24 \times 400$$

$$= 321.696 \text{ N}$$
- $$\bullet P_b = C_c' + C_s' - T$$

$$= 2.294.082 \text{ N} + 301.187,88 \text{ N} - 321.696 \text{ N}$$

$$= 2.273.573 \text{ N}$$

- $$\begin{aligned}
 M_b &= P_b \times e_b \\
 &= C_c' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + T \cdot d'' \\
 &= 2.294.082 \text{ N} \left( 392 \text{ mm} \right. \\
 &\quad \left. - 242 \text{ mm} - \frac{199,92 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &\quad + 301.187,88 (392 \text{ mm} - 242 \text{ mm} \\
 &\quad - 58 \text{ mm}) + 321.696 \text{ N} \cdot 242 \text{ mm} \\
 &= 220.355.580,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 e_b &= \frac{M_b}{P_b} \\
 &= \frac{220.355.580,2 \text{ Nmm}}{2.273.573 \text{ N}} \\
 &= 96,92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 e_{\text{perlu}} &= \frac{M_u}{P_u} \\
 &= \frac{\left( \frac{224.184.295,5 \text{ Nmm}}{0.65} \right)}{\left( \frac{272.363,8 \text{ N}}{0.65} \right)} \\
 &= 823,11 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$$\begin{aligned}
 e_{\min} &< e_{\text{perlu}} \\
 &< e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tekan Menentukan)} \\
 e_{\min} &< e_{\text{perlu}} \\
 &> e_{\text{balanced}} \text{ (Kondisi Tarik Menentukan)} \\
 e_{\min} &< e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}
 \end{aligned}$$

$$30 \text{ mm} < 823,11 \text{ mm} > 96,92 \text{ mm}$$

*Maka kolom termasuk dalam kondisi tarik menentukan.*

### **Cek Kondisi Tarik Menentukan**

Diambil nilai  $X = 0,55 \times b = 0,55 \times 450 = 247,5 \text{ mm}$

$$\varepsilon_s < \varepsilon_y \rightarrow f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \varepsilon_s &= \left(1 - \frac{d'}{x}\right) \times 0.003 \\ &= \left(1 - \frac{58}{247,5}\right) \times 0.003 \end{aligned}$$

$$= 0,0023$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \varepsilon_y &= \frac{f_s}{E_s} \\ &= \frac{400}{200000} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad C_s' &= A_s' \times (f_y - 0,85 \times f_c') \\ &= 804,24 \times (400 - 0,85 \times 30) \\ &= 301.187,88 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X \\ &= 0,85 \times 30 \times 450 \times 0,85 \times 247,5 \\ &= 2.414.053,125 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad T &= A_s \times f_y \\ &= 804,24 \times 400 \\ &= 321.696 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad P &= C_c' + C_s' - T \\ &= 2.414.053,125 \text{ N} + 301.187,88 \text{ N} - 321.696 \text{ N} \end{aligned}$$



$$= 2.393.545,005 \text{ N}$$

$$P > Pb \quad \rightarrow \quad 2.393.545,005 \text{ N} > 2.273.573 \text{ N (memenuhi)}$$

$$\bullet \text{ Mn} = P \times e$$

$$= Cc' \left( d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + Cs'(d - d'' - d') + T \cdot d''$$

$$= 2.414.053,125 \left( 392 - 242 - \frac{199,92}{2} \right) + 301.187,88 (392 - 242 - 58) + 321.696 \cdot 242$$

$$= 274.678.622,7 \text{ Nmm}$$

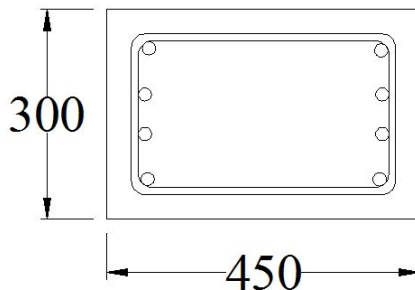
Syarat :

$$\phi \text{ Mn} > \text{Mu}$$

$$0.85 \times 274.678.622,7 \text{ Nmm} > 214.343.416,4 \text{ Nmm}$$

$$233.476.829,3 \text{ Nmm} > 214.343.416,4 \text{ Nmm}$$

**(memenuhi)**



Gambar 6.5 Penulangan Kolom Arah Y

Sehingga pada kolom K-4 dipakai tulangan utama pada kolom sebesar 16D16

#### 6.1.1.9 Cek dengan program PCACOL

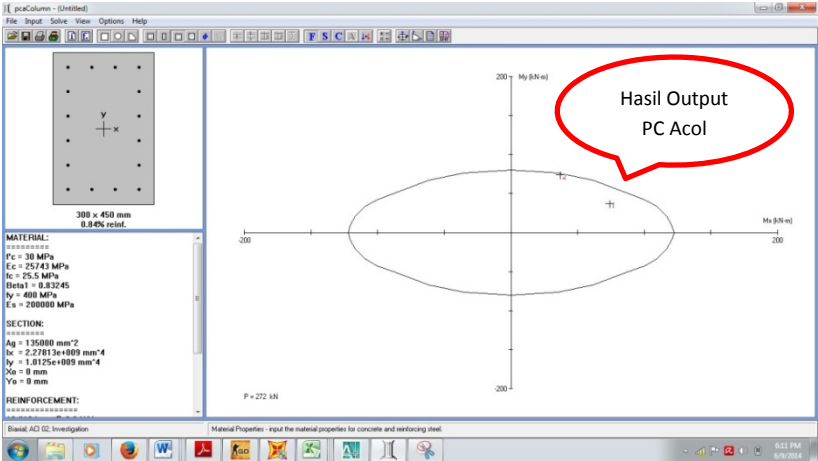
Semua output mengenai perhitungan dimasukkan ke dalam analisis PCACOL, sehingga diperoleh grafik momen sebagai berikut :

Mutu beton ( $f_c'$ )	= 30 N/mm <sup>2</sup>
Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ lentur)	= 400 N/mm <sup>2</sup>
Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )	= 25.743 N/mm <sup>2</sup>
Modulus Elastisitas Beton ( $E_s$ )	= 200.000 N/mm <sup>2</sup>
$\beta_1$	= 0,85
b kolom	= 450 mm
h kolom	= 300 mm
Tulangan Kolom Pasang <b>16 D 16</b>	

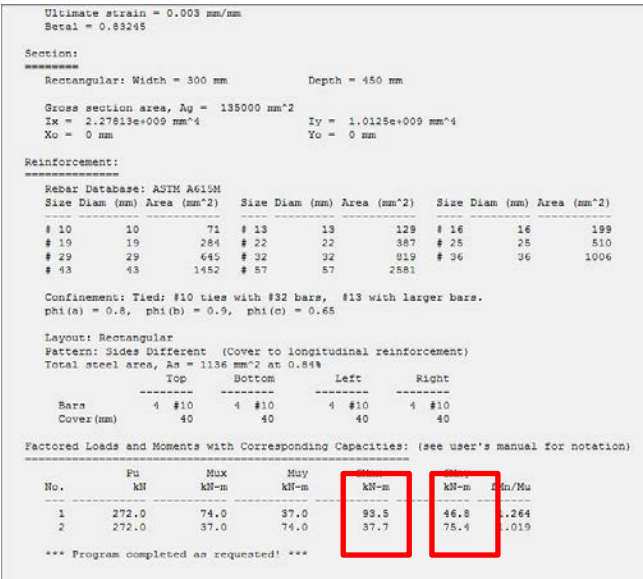
Momen – momen yang di inputkan ke dalam program sebagai berikut :

No.	P	Mx	My
1	272	74	37
2	272	37	74

*Gambar 6.6 Input Gaya Aksial dan Momen ke dalam Program PC Acol*



Gambar 6.7 Grafik Akibat Momen Pada program PCACOL



Gambar 6.8 Hasil Output pada Program PCACOL

Momen kapasitas penampang yang dihasilkan pada program PCACOL adalah :

Untuk Arah X

$$\phi M_n > M_u$$

$$93,5 \text{ KNm} > 74 \text{ KNm} \text{ (**memenuhi**)}$$

Untuk Arah Y

$$\phi M_n > M_u$$

$$75,4 \text{ KNm} > 37 \text{ KNm} \text{ (**memenuhi**)}$$

***Jadi pada perencanaan dipasang tulangan kolom K-1As C-13 sebanyak 24D25.***

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= 16 \times 0,25 \times \pi \times 16 \times 16 \\ &= 3216,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{3216,99 \text{ mm}^2}{(300 \times 450) \text{ mm}^2} = 0,0238 = 2,38 \%$$

Kesimpulan :

Jika kapasitas momen yang dihasilkan oleh analisis program PCACOL lebih besar daripada momen ultimate perhitungan manual ( $M_u$  manual) oleh penampang kolom dan tulangannya, maka perhitungan kebutuhan

tulangan kolom memenuhi dalam artian kolom tidak mengalami keruntuhan.

## 6.1.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

### 6.1.2.1 Data perencanaan :

- L kolom : 3000 mm
- b kolom : 300 mm
- h kolom : 450 mm
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$  lentur) : 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$  geser) : 240 MPa
- Diameter tulangan lentur ( $\emptyset$ lentur) : 16 mm
- Diameter tulangan geser ( $\emptyset$ geser) : 10 mm
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\emptyset$ ) : 0,75

*(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))*

Berdasarkan data output SAP 2000 frame 1182 didapatkan :

- Gaya Aksial Kolom

$$P_u (1,2 DL + 1,6 LL) : 27.236,38 \text{ kg} = 272.363,8 \text{ N}$$

- Gaya Momen

$$V_u (1,2 DL + 1,6 LL) = 4354,8 \text{ kg} = 43.548 \text{ N}$$

### 6.1.2.2 Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

*(SNI 03-2847-2002).*

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{30} \leq \frac{25}{3}$$

$$5,48 \leq 8,33 \text{ (memenuhi)}$$

**6.1.2.3 Kuat Geser Beton**

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left[ 1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right] \cdot \left[ \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] \cdot b_w \cdot d \\
 &= \left[ 1 + \frac{272.363,8}{14 \cdot 135.000} \right] \cdot \left[ \frac{\sqrt{30}}{6} \right] \cdot 450 \cdot 392 \\
 &= 184.236,18 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**6.1.2.4 Kuat Geser Tulangan Geser**

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot 400 \cdot 392 \\
 &= 52.266,67 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \cdot 450 \text{ mm} \cdot 392 \text{ mm} \\
 &= 286.276,32 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \cdot 450 \text{ mm} \cdot 392 \text{ mm} \\
 &= 644.121,73 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**6.1.2.5 Cek Kondisi Geser**Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \quad \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser}$$

$$43.548 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 184.236,18 \text{ N}$$

$$43.548 \text{ N} \leq 69.088,568 \text{ N (Memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan **Kondisi 1**.

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø10 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah} \\ &= (0,25 \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 2 \\ &= 157,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### 6.1.2.6 Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \cdot 3 \cdot f_y}{\frac{b_w}{157,08 \times 3 \times 240}} \\ &= \frac{450}{251,33 \text{ mm}} \end{aligned}$$

#### 6.1.2.7 Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 2

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq \frac{d}{2} \\ 251,33 \text{ mm} &\geq \frac{392 \text{ mm}}{2} \\ 251,33 \text{ mm} &\geq 196 \text{ mm (tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &\leq 600 \text{ mm} \\ 251,33 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø10 – 200 mm.

#### 6.1.3 Perhitungan Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Panjang lewatan minimum untuk sambungan lewatan tekan adalah  $0,07 \cdot f_y \cdot d_b$ , untuk  $f_y = 400 \text{ MPa}$  atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.16.1)

$$0,07 \cdot f_y \cdot d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,07 \cdot 400 \cdot 16 \geq 300 \text{ mm}$$

$$448 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

maka panjang sambungan lewatan kolom sebesar 448 mm

#### 6.1.4 Panjang Penyaluran Tulangan Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.(3), panjang penyaluran untuk tulangan D19 harus di ambil sebesar :

Tabel 6.1 Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang $l_d$ tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan  atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10 \sqrt{f'_c}}$

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{18 f_y}{25 \sqrt{f'_c}} \cdot \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left( \frac{c + K_{tr}}{d_b} \right)}$$

Dimana,

$l_d$  = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$\beta$  = faktor pelapis

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\alpha$  = faktor lokasi penulangan

$c$  = spasi atau dimensi selimut beton



$K_{tr}$  = indeks tulangan transversal, sebagai penyederhanaan perencanaan, diperbolehkan mengasumsikan  $K_{tr} = 0$  bahkan untuk kondisi dimana tulangan transversal dipasang.

Tabel 6.2 Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

$\alpha$ = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
$\beta$ = faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_s$ atau spasi bersih kurang dari $6d_s$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.4)

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan  
 $\gamma$  = faktor ukuran batang tulangan

Tabel 6.3 Faktor Beton Agregat Ringan

$\gamma$ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Batang D-22 atau lebih besar	1,0
$\lambda$ = faktor beton agregat ringan	
Apabila digunakan beton agregat ringan	1,3
Walaupun demikian, apabila $f_{cr}$ disyaratkan, maka $\lambda$ boleh diambil sebesar $\sqrt{f_c} / (1,8f_{cr})$ tetapi tidak kurang dari	1,0
Apabila digunakan beton berat normal	1,0

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.4)

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{18 \cdot 400}{25 \sqrt{30}} \times \frac{1 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot 1}{\left(\frac{40+0}{16}\right)}$$

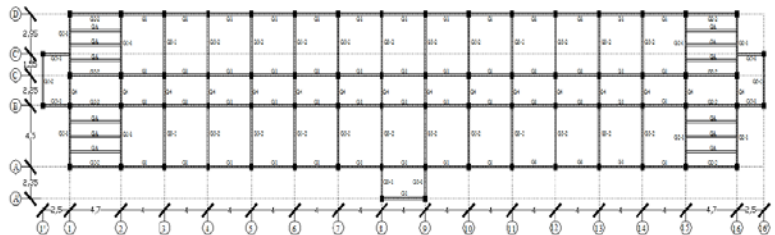
$$\frac{l_d}{d_b} = 52,58 \cdot 0,48$$

$$l_d = 52,58 \cdot 0,48 \cdot 16$$

$$l_d = 403,81 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

## 6.2 Perencanaan Struktur Balok Pracetak

### Perencanaan Penulangan Balok Induk G1 25/45 Pracetak



Gambar 6.9 Denah Pembalokan lantai 2

Perencanaan tulangan lentur balok induk direncanakan dalam dua kondisi. Kondisi yang pertama adalah saat balok induk belum berkomposit dengan elemen struktur yang lain dan yang kedua adalah pada saat balok induk telah berkomposit dengan elemen struktur yang lain.

Pada saat balok induk belum berkomposit dengan elemen struktur yang lain, balok akan mengalami proses penumpukan pengangkatan dan proses erection atau pada waktu diletakkan. Dari beberapa keadaan diatas akan diambil tulangan yang paling kritis untuk digunakan. Balok pracetaksebelum komposit dihitung sebagai balok

sederhana pada tumpuan dua sendi. Pembebanan balok induk pada saat sebelum komposit pada dasarnya sama dengan balok induk sesudah komposit, namun pada balok induk sebelum komposit beban yang dihitung hanyalah beban balok itu sendiri tanpa menambahkan beban pelat dari overtopping. Perhitungan untuk pembebanan merata pada balok induk menggunakan konsep tributary area. Berikut merupakan perhitungan balok induk.

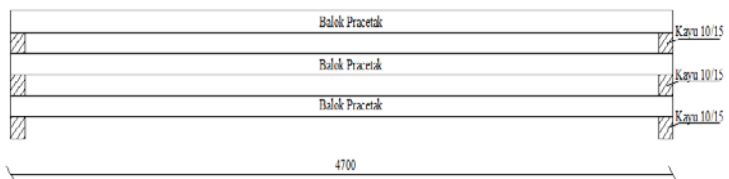
### 6.2.1 Penumpukan balok induk type G1 (25/45)

Pada proses penumpukan balok pracetak ini perhitungannya menggunakan beton pada umur 3 hari.

Dengan data-data perencanaan sebagai berikut :

- $F_c' = 30 \text{ Mpa}$
- $F_y = 400 \text{ Mpa}$
- $F_{ci} = 0,46 \times f_c' = 13,8 \text{ Mpa}$
- $F_r' = 0,7 \times \sqrt{f_{ci}} = 2,6 \text{ Mpa}$

Beban yang bekerja pada balok induk saat penumpukan :



Gambar 6.10 Penumpukan Balok Pracetak

$$\begin{aligned} qD \text{ satu balok} &= 0,25 \times (0,45 - 0,07) \times 2400 \\ &= 228 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

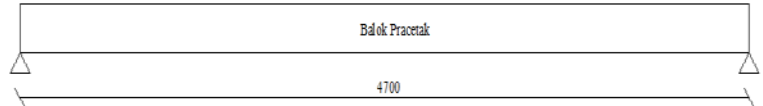
$$\begin{aligned} qD \text{ tumpukan} &= 3 \times (0,25 \times (0,45 \times 0,07)) \times 2400 \\ &= 684 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Akibat kejut dukalikan dengan koefisien kejut 1,2

$$qU \text{ balok} = 1,2 \times 228 = 273,6 \text{ kg/m}$$

$$qU \text{ tumpuan} = 1,2 \times 684 = 820,8 \text{ kg/m}$$

Dengan mengasumsikan perletakan sederhana sebagai berikut :



Gambar 6.11 Asumsi perlatakan saat penumpukan

#### 6.2.1.1 Perhitungan Momen

Momen pada tumpuan dianggap nol karena merupakan perletakan sendi. Sedangkan momen yang terjadi dilapangan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M \text{ balok} &= 1/8 \times q_u \times L^2 \\ &= 1/8 \times 273,6 \times 3,75^2 \end{aligned}$$

$$= 4809375 \text{ Nmm}$$

$$M_{\text{tumpuan}} = 1/8 \times q_u \times L^2$$

$$= 1/8 \times 820,8 \times 3,75^2$$

$$= 14428125 \text{ Nmm}$$

#### 6.2.1.2 Kontrol Retak

Distribusi tulangan lentur harus diatur sedemikian rupa untuk membatasi letak lentur yang terjadi. Bila tegangan tarik melebihi 300 Mpa, Penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus diproporsikan sedemikian hingga nilai Z yang diperoleh

$$Z = f_s \sqrt[3]{d A_s}$$

( SNI 03-2847-2002 pasal 12.6.4)

Tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang didalam ruangan.

Dimana

$F_s$  = tegangan dalam tulangan yang di hitung pada beban kerja,  $f_s$  dapat di ambil = 0,6  $f_y$

$D_c$  = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar kepusat batang tulangan (decking + diameter sengkang +  $\frac{1}{2} D$  tulangan)

$A$  = Luas efektif beton tarik disekitar tulangan lentur tarik mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan ( dalam hal ini diambil sebesar 1m ) tersebut di bagi dengan jumlah tulangan dalam 1 m.

$n$  = jumlah batang tulangan per lebar balok

$$d_c = 25 + 10 + 0,5 \times 16 = 43$$

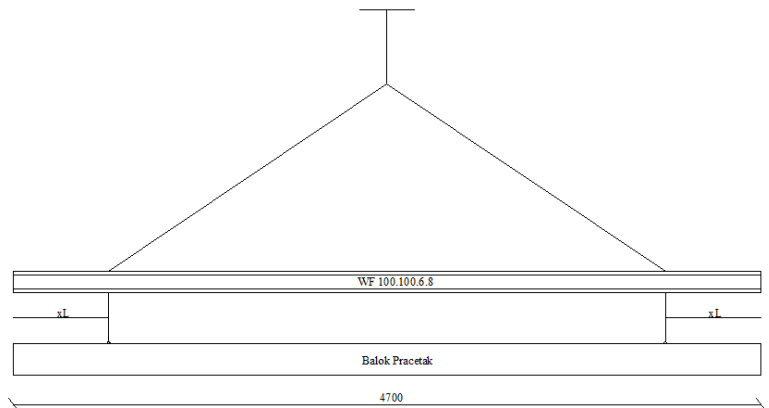
$$A = \frac{b \times d_c}{n}$$

$$= \frac{250 \times 2 \times 43}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 10750 \text{ mm}^2 \\
 Z &= f_s \sqrt[3]{dc As} \\
 &= 0,6 \times \sqrt[3]{43 \times 10750} \\
 &= 3,0638 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m}
 \end{aligned}$$

Penampang masih mampu mengatasi retak karena lentur

### 6.2.2 Pengangkatan balok induk type G1 (25/45)



Gambar 6.12 Pengangkatan Balok Pracetak

Pengangkatan balok induk elemen balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada proses pengangkatan. Tempat pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen tersebut dari kerusakan.

$$+M = \frac{Wl^2}{8} \left[ 1 - 4x + \frac{4Yc}{l \tan \theta} \right] \quad (\text{PCI fig 5.2.8})$$

$$-M = \frac{Wl^2}{8} \quad (\text{PCI fig 5.2.8})$$

$$X = \frac{1 + \frac{4xYc}{l \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Ya}{Yb} \left( 1 + \frac{4xYc}{l \tan \theta} \right)} \right)} \quad (\text{PCI fig 5.2.8})$$

#### 6.2.1.3 Perhitungan tulangan angkat

Profil frame data berat dan panjang tekuk :

Panjang tekuk = 273.22

Mutu Baja BJ-36

Profil WF 100.100.6.8

A = 21,9 mm<sup>2</sup>

I<sub>x</sub> = 4,18 mm<sup>2</sup>

I<sub>y</sub> = 2,47 mm<sup>2</sup>

W = 17,2 mm<sup>2</sup>

#### 6.2.1.4 Pembebanan

Balok = 0,25 x 0,33 x 3,75 x 2400 = 742,5 kg

Balok profil = 17,2 x 76,6 = 131,752 kg

W = Balok beton + Balok profil

= 742,5 + 131,752

= 874,252 kg

K = 1,2

$$T \sin \theta = P = \frac{1,2 \times k \times W}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,2 \times 1,2 \times 874,252}{2} \\
 &= 629,461 \text{ kg} \\
 T = P &= 629,461 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tulangan angkat balok melintang

$$P_u = 629,461 \text{ kg}$$

Menurut PBBI pasal 2.2.2 tegangan ijin tarik dasar baja bertulang U32 adalah  $f_y/1,5$

$$\sigma \text{ tarik ijin} = \frac{f_y}{1,5} = \frac{400}{1,5} = 266,67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset \text{ tulangan angkat} > \sqrt{\frac{4 \times P_u}{\sigma \text{ tarik ijin} \times \pi}}$$

$$\emptyset \text{ angkat} > \sqrt{\frac{4 \times 629,461}{266,667 \times \pi}}$$

$$\emptyset \text{ angkat} = 1,734 > 15$$

Maka digunakan tulangan diameter 10 mm

#### 6.2.1.5 Perhitungan tulangan lentur pada saat pengangkatan

Data perencanaan :

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$L = 3,75 \text{ m}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 380 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\emptyset = 0,8$$

$$Y_a = Y_b = 0,5 \times 380 = 190 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_b + 0,05 = 190 + 0,05 = 190,05 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 X &= \frac{1 + \frac{4 x Y_c}{l \tan \theta}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{Y_d}{Y_b} \left( 1 + \frac{4 x Y_c}{l \tan \theta} \right)} \right)} \\
 &= \frac{1 + \frac{4 x 190,05}{3,75 \tan 45}}{2 \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{190}{190} \left( 1 + \frac{4 x 190,05}{3,75 \tan 45} \right)} \right)} \\
 &= 3,289 \\
 Q &= b \times h \times l \times 2400 \\
 &= 0,25 \times 0,38 \times 3,75 \times 2400 \\
 &= 855 \text{ kg} \\
 \blacksquare &\text{ Daerah Tumpuan} \\
 -M &= \frac{W l^2 x^2}{2} \\
 -M &= \frac{855 \times 3,75^2 \times 3,289^2}{2} \\
 &= 780,563 \text{ kg.m} \\
 Mu &= 1,4 \times 780,563 \text{ kg.m} \\
 &= 1092,79 \text{ kg.m} = 10927879,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

#### 6.2.1.6 Kontrol Retak

Distribusi tulangan lentur harus diatur sedemikian rupa untuk membatasi letak lentur yang terjadi. Bila tegangan tarik melebihi 300 Mpa, Penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus diproporsikan sedemikian hingga nilai Z yang diperoleh

$$Z = f_s \sqrt[3]{d A_s}$$

( SNI 03-2847-2002 pasal 12.6.4)

Tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang didalam ruangan.

Dimana

Fs = tegangan dalam tulangan yang di hitung pada beban kerja, fs dapat di ambil = 0,6 fy

Dc = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar kepusat batang tulangan (decking + diameter sengkang +  $\frac{1}{2}$  D tulangan)

A = Luas efektif beton tarik disekitar tulangan lentur tarik mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan ( dalam hal ini diambil sebesar 1m ) tersebut di bagi dengan jumlah tulangan dalam 1 m.

n = jumlah batang tulangan per lebar balok

$$dc = 25 + 10 + 0,5 \times 16 = 43$$

$$A = \frac{b \times d \times dc}{n}$$

$$= \frac{250 \times 2 \times 43}{2}$$

$$= 10750 \text{ mm}^2$$

$$Z = f_s \sqrt[3]{dc \times A_s}$$

$$= 0,6 \times \sqrt[3]{43 \times 10750}$$

$$= 3,0638 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m}$$

Penampang masih mampu mengatasi retak karena lentur

#### ▪ Daerah Lapangan

$$+M = \frac{Wl^2}{8} \left[ 1 - 4x + \frac{4Yc}{l \tan \theta} \right]$$

$$+M = \frac{855 \times 3,75^2}{8} \left[ 1 - 4x3,289 + \frac{4 \times 190,05}{3,75 \tan 45} \right]$$

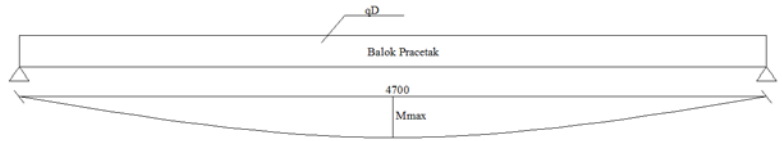
$$= 2037,89 \text{ kg.m}$$

$$Mu = 1,4 \times 2037,89 \text{ kg.m}$$

$$= 2853,05 \text{ kg.m} = 28530519,4 \text{ Nmm}$$

### 6.2.3 Erection beton pracetak

Pada proses erection diasumsikan perletakan beton adalah sebagai berikut :



Gambar 6.13 asumsi perletakan saat erection

Beban yang bekerja

$$\begin{aligned} qD &= (0,45-0,12) \times 0,4 \times 2400 \\ &= 364,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qu &= 1,2 \times 364,8 \text{ kg/m} \\ &= 437,76 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 6.2.3.1 Perhitungan Momen

Momen pada tumpuan dianggap nol karena merupakan perletakkan sendi. Sedangkan momen yang terjadi dilapangan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M &= 1/8 \times Qu \times L^2 \\ &= 1/8 \times 437,76 \times 3,75^2 \\ &= 769,5 \text{ kg.m} \\ &= 7695000 \text{ Nmm} \\ Mu &= 1,4 \times 769,5 \text{ kg.m} \\ &= 10773000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

#### 6.2.3.2 Kontrol Retak

Distribusi tulangan lentur harus diatur sedemikian rupa untuk membatasi letak lentur yang terjadi. Bila tegangan tarik melebihi 300 Mpa, Penampang dengan momen

positif dan negatif maksimum harus diproporsikan sedemikian hingga nilai Z yang diperoleh

$$Z = f_s \sqrt[3]{d A_s}$$

( SNI 03-2847-2002 pasal 12.6.4)

Tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang didalam ruangan.

Dimana

$F_s$  = tegangan dalam tulangan yang di hitung pada beban kerja,  $f_s$  dapat di ambil = 0,6  $f_y$

$D_c$  = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar kepusat batang tulangan (decking + diameter sengkang +  $\frac{1}{2}$  D tulangan)

$A$  = Luas efektif beton tarik disekitar tulangan lentur tarik mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan ( dalam hal ini diambil sebesar 1m ) tersebut di bagi dengan jumlah tulangan dalam 1 m.

$n$  = jumlah batang tulangan per lebar balok

$$d_c = 25 + 10 + 0,5 \times 16 = 43$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{b \times d_c}{n} \\ &= \frac{250 \times 43}{4} \\ &= 5375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A_s}$$

$$= 0,6 \times \sqrt[3]{43 \times 5375}$$

$$= 11,2381 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m}$$

Penampang masih mampu mengatasi retak karena lentur

#### 6.2.4 Penulangan Balok pada saat Komposit

Berikut akan dibahas penulangan Balok Induk G1 25x45 frame 92. Adapun data – data, gambar pembalokan, hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan metode SRPMB, perhitungan dan hasil akhir gambar penampang balok adalah sebagai berikut :

- Data-data perencanaan tulangan balok :

Tipe balok	: G1 (25/45)
As balok	:
Bentang balok (L balok)	: 4500 mm
Dimensi balok (b balok)	: 250 mm
Dimensi balok (h balok)	: 450 mm
Bentang kolom (L kolom)	: 4000 mm
Dimensi kolom (b kolom)	: 300 mm
Dimensi kolom (h kolom)	: 450 mm
Kuat tekan beton ( $f_c'$ )	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ )	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser ( $f_{yv}$ )	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ )	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 19 mm

Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 12 mm

Diameter tulangan puntir ( $\emptyset$  puntir) : 12 mm

Cot  $\theta^2$  : 1

Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) : 25 mm

*(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1)*

Jarak spasi tulangan antar lapis (S antar lapis) : 25 mm

*(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.2)*

Tebal selimut beton (t decking) : 40 mm

*(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1)*

Faktor  $\beta_1$  : 0,85

*(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.(3))*

Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\phi$ ) : 0,8

*(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(1))*

Faktor reduksi kekuatan geser ( $\phi$ ) : 0,75

*(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))*

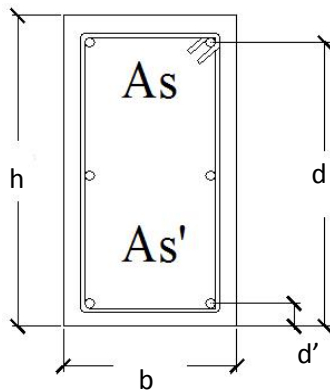
Faktor reduksi kekuatan puntir ( $\phi$ ) : 0,75

*(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))*

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\ &= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}) \\ &= 388,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\ &= 40 \text{ mm} + 12 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm}) \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 6.14

Tinggi efektif balok

#### 6.2.4.1 Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 :

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP 2000, maka didapatkan hasil output dan

diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi Beban Gravitasi :

- Pembebanan akibat beban mati dan beban hidup.  
 $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$  dan  
 $1,4 \text{ DL}$

Kombinasi Beban Gempa :

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu X.

$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ EQX} + 0,3 \text{ EQY} \text{ dan} \\ 0,9 \text{ DL} + 1,0 \text{ EQX} + 0,3 \text{ EQY}$$

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa positif searah sumbu Y

$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ EQX} + 1,0 \text{ EQY} \text{ dan} \\ 0,9 \text{ DL} + 0,3 \text{ EQX} + 1 \text{ EQY}$$

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu X.

$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 1,0 \text{ EQX} - 0,3 \text{ EQY} \text{ dan} \\ 0,9 \text{ DL} - 1,0 \text{ EQX} - 0,3 \text{ EQY}$$

- Pembebanan akibat beban gravitasi dan beban gempa negatif searah sumbu Y

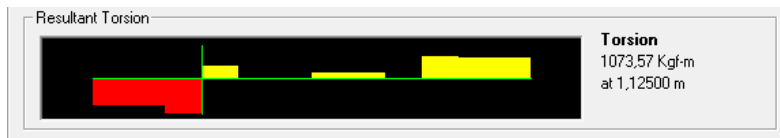
$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} - 0,3 \text{ EQX} - 1,0 \text{ EQY} \text{ dan} \\ 0,9 \text{ DL} - 0,3 \text{ EQX} - 1 \text{ EQY}$$



Untuk perhitungan tulangan torsi, lentur, dan geser pada balok maka diambil momen yang terbesar dari lima kombinasi pembebanan di atas:

#### 6.2.4.2 Hasil Output Diagram Torsi

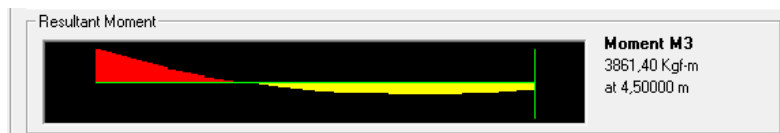
Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EQ<sub>x</sub> + 1,0EQ<sub>y</sub>



Momen puntir : 10735700 N.mm

#### 6.2.4.3 Hasil Output Diagram Momen Lentur Balok

Kombinasi 1,2DL + 1,0LL + 0,3EQ<sub>x</sub> + 1,0Eq<sub>y</sub>



Akibat kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EQ<sub>x</sub> + 1,0Eq<sub>y</sub>

Momen tumpuan kiri	: -201865700	N.mm
Momen lapangan	: 46186400	N.mm
Momen tumpuan kanan	: 3861,40	N.mm

#### 6.2.4.4 Hasil Output Diagram Gaya Geser

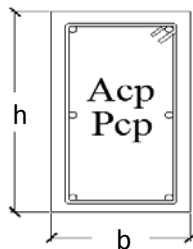
Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EQx + 1,0EQy, dari analisa SAP2000 didapatkan :



Gaya geser terfaktor  $V_u = -15583,44 \text{ N}$   
(Dimana  $V_u$  diambil tepat pada muka kolom)

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir

Ukuran penampang balok yang dipakai = 25/45



Gambar 6.15  
Luasan Acp dan Pcp

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= b_{balok} \cdot h_{balok} \\
 &= 250 \text{ mm} \cdot 450 \text{ mm} \\
 &= 112500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2 \cdot (b_{balok} + h_{balok}) \\
 &= 2 \cdot (250 \text{ mm} + 450 \text{ mm}) \\
 &= 1400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \cdot (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\
 &= (250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 12 \text{ mm}) \cdot (450 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 12 \text{ mm}) \\
 &= 56564 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \cdot [(b_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot t_{decking} - \emptyset_{geser})] \\
 &= 2 \cdot [(250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 12 \text{ mm}) + (450 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - 12 \text{ mm})] \\
 &= 2 \cdot [162 \text{ mm} + 362 \text{ mm}] \\
 &= 2 \cdot 524 \text{ mm} \\
 &= 1032 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### **6.2.4.5 Perhitungan Penulangan Puntir**

Berdasarkan hasil out put diagram torsi pada SAP diperoleh momen puntir terbesar :

Momen Puntir Ultimate

Akibat Kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EQx + 1,0EQy

$$T_u = 10735700 \text{ N.mm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\
 &= \frac{10735700 \text{ Nmm}}{0.75} \\
 &= 14314266,67 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

### Geser Ultimate

Akibat kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EQx + 1,0EQy  
 $V_u = -15583,44 \text{ N}$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor  $T_u$  besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \\
 &= \frac{0.75 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{(112500 \text{ mm}^2)^2}{1400 \text{ mm}} \right)}{12} \\
 &= 3094693,58 \text{ Nmm} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.1(a))}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum  $T_u$  dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{3} \\
 &= \frac{0.75 \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \left( \frac{(112500 \text{ mm}^2)^2}{1400 \text{ mm}} \right)}{3} \\
 &= 12378774,32 \text{ Nmm} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.2.2(a))}
 \end{aligned}$$

### Cek Pengaruh Momen Puntir

$T_u < T_{u_{\min}}$  maka tulangan puntir diabaikan.

$T_u > T_{u_{\min}}$  maka memerlukan tulangan puntir.

$T_u = 10735700 \text{ Nmm} > T_{u_{\min}} = 3094693,58 \text{ Nmm}$   
**(memerlukan tulangan puntir)**

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

### Cek Kecukupan Penampang Menahan Momen Puntir

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left( \frac{\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d}{b \cdot d} + \left( \frac{2 \cdot \sqrt{f_c'}}{3} \right) \right)$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(1).a)

$$\sqrt{\left(\frac{15583,44 \text{ N}}{250\text{mm} \cdot 388,5 \text{ mm}}\right)^2 + \left(\frac{10735700\text{Nmm} \cdot 1032 \text{ mm}}{1,7 \cdot (56564\text{mm}^2)^2}\right)^2} \leq 0,75 \left( \frac{\frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 388,5 \text{ mm}}{250\text{mm} \cdot 388,5 \text{ mm}} + \left( \frac{2 \cdot \sqrt{30}}{3} \right) \right)$$

5,5343 ≤ 10,462 (**memenuhi**)

Maka, penampang balok mencukupi untuk menahan momen puntir.

### Kontrol jarak tulangan geser akibat puntir :

Jarak tulangan sengkang tertutup yang diperlukan dalam menahan momen puntir dapat diperoleh dari rumus :

$$A_{l \min} = A_v + 2A_t = \frac{75\sqrt{f_c'}}{1200} \cdot \frac{bw.s}{f_{yv}}$$

Namun  $A_v + 2A_t$  tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{3} \cdot \frac{bw.s}{f_{yv}}$

Dengan  $S$  adalah spasi tulangan geser

(direncanakan  $S = 120 \text{ mm}$ )

$$\begin{aligned} A_v + 2A_t &= \frac{75\sqrt{f_c'}}{1200} \cdot \frac{bw.s}{f_{yv}} > \frac{1}{3} \cdot \frac{bw.s}{f_{yv}} \\ &= \frac{75\sqrt{30}}{1200} \cdot \frac{250 \cdot 120}{240} > \frac{1}{3} \cdot \frac{bw.s}{f_{yv}} \\ &= 32,552 > \frac{1}{3} \cdot \frac{bw.s}{f_{yv}} \end{aligned}$$

Mencari  $S_{\text{aktual}}$

$$\begin{aligned} &= \frac{A_v t \cdot 3 \cdot F_{yv}}{bw} > S_{\text{aktual}} \\ &= \frac{32,552 \cdot 3 \cdot 240}{250} > S_{\text{aktual}} \\ &= 123,23 \text{ mm} > S_{\text{aktual}} \end{aligned}$$

Maka dipakai  $S_{\text{aktual}} = 100 \text{ mm}$

### Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot Ph \cdot \left( \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(7))

Dengan  $\frac{A_t}{s}$  dihitung dari persamaan di bawah :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yv}}{s} \cdot \cot \theta$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(6))

Dimana,  $A_o$

$$= 0,85 \cdot A_{oh}$$

$$= 0,85 \cdot 56564 \text{ mm}^2$$

$$= 48079,4 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{14314266,67 \text{ Nmm}}{2 \cdot 48079,4 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ N/mm}^2 \cdot \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 0,620 \text{ mm}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \left( \frac{A_t}{s} \right) \cdot 1032 \cdot \left( \frac{240}{400} \right) \cdot \cot^2 45$$

$$= 0,348 \text{ mm} \cdot 1032 \text{ mm} \cdot \left( \frac{240 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot \cot^2 45$$

$$= 384,061 \text{ mm}^2$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$A_{l \min} = \frac{5\sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yt}} - \left( \frac{A_t}{s} \right) \cdot Ph \cdot \left( \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right)$$

$$= \frac{5\sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 \cdot f_{yt}} - \left( \frac{A_t}{s} \right) \cdot Ph \cdot \left( \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5\sqrt{30\text{N/mm}^2 \cdot 112500 \text{ mm}^2}}{12 \cdot 400\text{N/mm}^2} \\
 &- (0,620 \text{ mm}) \cdot 1032 \text{ mm} \cdot \left(\frac{240\text{N/mm}^2}{400\text{N/mm}^2}\right) \\
 &= 257,802 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{perlu}} &\leq A_{\text{imin}} \quad \text{maka gunakan } A_{\text{imin}} \\
 A_{\text{perlu}} &\geq A_{\text{imin}} \quad \text{maka gunakan } A_{\text{perlu}}
 \end{aligned}$$

$A_{\text{perlu}} = 384,061 \text{ mm}^2 \leq A_{\text{imin}} = 257,802 \text{ mm}^2$  maka gunakan  $A_{\text{imin}}$

Maka dipakai tulangan puntir minimum sebesar  $384,061 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{A_t}{4} = \frac{384,061 \text{ mm}^2}{4} = 96,015 \text{ mm}^2$$

Sehingga luasan tambahan puntir longitudinal untuk tulangan lentur :

$$\frac{A_l}{4} = 96,015 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu puntir longitudinal sisi samping balok (web) :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 2 \cdot \frac{A_l}{4} = 2 \cdot 96,015 \text{ mm}^2 = 192,030 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir :



$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \emptyset 10 &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi (12\text{mm})^2 \\
 &= 113,09 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (web)

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan pasang} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{\text{Luasan } D_{\text{puntir}}} \\
 &= \frac{192,030 \text{ mm}^2}{113,09 \text{ mm}^2} \\
 \text{Jumlah tulangan pasang} &= 1,699 \text{ buah} \approx 2 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan puntir 2  $\emptyset$  12

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned}
 A_{s\text{pasang puntir}} &= n_{\text{pasang}} \cdot \text{luasan } \emptyset \text{ puntir} \\
 &= 2 \cdot 78,50 \text{ mm}^2 \\
 &= 226,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} = 226,08 \text{ mm}^2 \geq A_s \text{ perlu} = 192,030 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Sehingga dipasang tulangan puntir di tumpuan kiri, lapangan dan tumpuan kanan sebesar 2D12.

#### 6.2.4.6 Perhitungan Penulangan Lentur

- **Daerah Tumpuan Kiri**

Garis netral dalam kondisi balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$= \frac{600}{600+400} \cdot 388,5 \text{ mm}$$

$$= 233,1 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.2)

#### Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \cdot X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 233,1 \text{ mm} \\ &= 174,825 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

#### Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm} \\ &= 541875 \text{ N} \end{aligned}$$

#### Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 1354,6875 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}
 M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{\beta_1 \cdot X_{rencana}}{2} \right) \\
 &= 1354,6875 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \left( 388,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 187488750 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :  
 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EQx + 1,0EQy

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 201865700 \text{ N.mm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{u \text{ tumpuan}}}{\phi} \\
 M_n &= \frac{201865700 \text{ N.mm}}{0,80} \\
 M_n &= 252332125 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} \geq 0$  → maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$  → maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned}
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 252332125 \text{ N.mm} - 187488750 \text{ N.mm} \\
 &= 64843375 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$M_{ns} = 64843375 \text{ N.mm} \leq 0$$

**(perlu tulangan lentur tekan)**

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur rangkap.

#### **6.2.4.7 Perencanaan Tulangan Lentur Rangkap**

Gaya tekan dan tarik tulangan lentur rangkap

$$C_{s'} = T_2 = \frac{M_{ns_{tumpuan}}}{d - d'}$$

$$T_2 = \frac{64843375 \text{ N.mm}}{388,5 \text{ mm} - 61,5 \text{ mm}}$$

$$T_2 = 198297,783 \text{ N}$$

Cek Kondisi Tulangan Lentur Tekan

$$f_{s'} = \left(1 - \frac{d'}{x}\right) \cdot 600$$

$$f_{s'} = \left(1 - \frac{61,5 \text{ mm}}{100 \text{ mm}}\right) \cdot 600$$

$$f_{s'} = 231 \text{ MPa}$$

**Syarat :**

$$f_{s'} \geq f_y \rightarrow \text{leleh, maka } f_{s'} = f_y$$

$$f_{s'} < f_y \rightarrow \text{tidak leleh } f_{s'} = f_{s'}$$

$$f_{s'} = 231 \text{ MPa} < f_y = 400 \text{ MPa} \rightarrow \text{tidak leleh}$$

Luasan tulangan tekan perlu

$$As' = \frac{Cs'}{(fs' - 0,85 \cdot fc')}$$

$$As' = \frac{198297,783 \text{ N}}{(231 \text{ N/mm}^2 - 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2)}$$

$$As' = 964,953 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan tarik tambahan

$$Ass = \frac{T_2}{fy}$$

$$Ass = \frac{198297,783 \text{ N}}{400 \text{ N/mm}^2}$$

$$Ass = 495,744 \text{ mm}^2$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik ( top) :

$$As = Asc + Ass$$

$$As = 1354,6875 \text{ mm}^2 + 495,744 \text{ mm}^2$$

$$As = 1850,432 \text{ mm}^2$$

**Luasan tulangan perlu lentur + luasan tambahan  
puntir longitudinal :  
Jumlah tulangan pasang :**

$$\begin{aligned} \text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luasan tulangan perlu lentur tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top) :

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 1850,432 \text{ mm}^2 + 96,015 \text{ mm}^2 \\ &= 1946,447 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1450702 \text{ mm}^2}{283,52 \text{ mm}^2} \\ &= 6,869 \text{ buah} \approx \mathbf{8 \text{ buah}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \cdot \text{Luas tulangan letur} \\ &= 8 \cdot 283,52 \text{ mm}^2 \\ &= 2267,080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s \text{ pasang} = 2267,080 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1946,447 \text{ mm}^2$$

**(Memenuhi)**

- Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom) :

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= A_s' + \frac{A_l}{4} \\ &= 964,953 \text{ mm}^2 + 96,015 \text{ mm}^2 \\ &= 1060,968 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{1060,968 \text{ mm}^2}{283,52 \text{ mm}^2} \\ &= 3,744 \text{ buah} \approx \mathbf{4 \text{ buah}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' \text{ pasang} &= n \cdot \text{Luas tulangan letur} \\ &= 4 \cdot 283,52 \text{ mm}^2 \\ &= 1133,54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$As' \text{ pasang} = 1133,54 \text{ mm}^2 > As' \text{ perlu} = 1060,968 \text{ mm}^2$$

(Memenuhi)

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 2 lapis 4D19 dan tulangan tekan 1 lapis 4D19

#### - **Kontrol Tulangan Tarik**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 12 \text{ mm}) - (4 \cdot 19 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 33,3 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} = 33,3 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \text{ ( Memenuhi )}$$

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \cdot \text{Luas tulangan letur} \\ &= 8 \cdot 283,52 \text{ mm}^2 \\ &= 2267,080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

#### - **Kontrol Tulangan Tekan**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 12 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 33,3 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} = 33,3 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok G1 25/45 frame 92 untuk daerah tumpuan kiri :

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis  
Lapis 1 = 4D19  
Lapis 2 = 4D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 4D19

- **Kontrol Kemampuan Penampang**

$$\text{As pakai tulangan tarik} \quad 8 \text{ D19} = 2267,080 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} \quad 4 \text{ D19} = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s \cdot f_y) - (A_s' \cdot f_s')}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)} \\ &= \frac{(1134,08 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2) - (1133,54 \text{ mm}^2 \cdot 231)}{(0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm})} \\ &= 101,174 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot d - \left( \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 101,174 \text{ mm} \cdot 250 \\ &\quad \text{mm} \cdot 388,5 \text{ mm} - \left( \frac{101,174 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 250576330,5 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\theta M_n_{\text{pasang}} > M_u$$

$$0,8 \cdot 250576330,5 \text{ N.mm} > 201865700 \text{ N.mm}$$

$$210461064,4 \text{ N.mm} > 201865700 \text{ N.mm}$$

(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok B2 (30/50) As 15 (A-B) pada daerah tumpuan kanan dipakai tulangan



tarik 4D19 dan tulangan tekan 2D19 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 1 lapis  
Lapis 1 : 4D19  
Lapis 2 : 4D19
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 4D19

• **Daerah Tumpuan Kanan**

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \\ &= \frac{600}{600 + 400} \cdot 388,5 \text{ mm} \\ &= 233,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.2)

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \cdot X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 233,1 \text{ mm} \\ &= 174,825 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

### Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{rencana} \\ &= 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm} \\ &= 541875 \text{ N} \end{aligned}$$

### Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} Asc &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{rencana}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 1354,6875 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} Mnc &= Asc \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{\beta_1 \cdot X_{rencana}}{2} \right) \\ &= 1354,6875 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \left( 388,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 187488750 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :  
 $1,2 D + 1,0 LL + 0,3 EQ_x + 1,0 EQ_y$

$$Mu_{tumpuan} = 38614000 \text{ N.mm}$$

### Momen lentur nominal (Mn)

$$Mn = \frac{Mu_{tumpuan}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{38614000 \text{ N.mm}}{0,80}$$

$$M_n = 48267500 \text{ N.mm}$$

Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0$  →maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0$  →maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 48267500 \text{ N.mm} - 187488750 \text{ N.mm} \\ &= -139221250 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$M_{ns} = -139221250 \text{ N.mm} > 0$$

**(tidak perlu tulangan lentur tekan)**

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur rangkap.

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

#### **6.2.4.8 Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{39734375 \text{ N.mm}}{250 \text{ mm} \cdot (388,5 \text{ mm})^2} \\ &= 1,2792 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{c'}}{F_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}$$

$$= 0,0903$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,0903$$

$$= 0,0677$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}}$$

$$= \frac{400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2}$$

$$= 15,6863$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,6863} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,6863 \cdot 1,2792 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right)$$

$$= 0,00328$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00328 < 0,0677 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\text{Maka, } \rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,00328 = 0,00426$$

$$\text{As perlu} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,00426 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 388,5 \text{ mm}$$

$$= 414,45 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas tulangan lentur} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= 0,25 \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2$$

$$= 283,52 \text{ mm}^2$$

**Luasan tulangan perlu lentur + luasan tambahan puntir longitudinal :**

**Jumlah tulangan pasang :**

- Luasan tulangan perlu lentur tarik+ luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top) :

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= A_s + \frac{A_l}{4} \\ &= 414,45 \text{ mm}^2 + 96,015 \text{ mm}^2 \\ &= 510,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang lentur tarik (top)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{510,46 \text{ mm}^2}{283,52 \text{ mm}^2} \\ &= 1,46 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan lentur} \\ &= 2 \cdot 283,52 \text{ mm}^2 \\ &= 567,057 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 567,057 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 510,46 \text{ mm}^2$$

**(memenuhi)**

- Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom) :

$$\begin{aligned} \text{As' perlu} &= A_s' + \frac{A_l}{4} \\ &= 0 + 96,015 \text{ mm}^2 \\ &= 96,015 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang lentur tekan (bottom)

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s' \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan lentur}} = \frac{96,015 \text{ mm}^2}{283,52 \text{ mm}^2} \\ &= 0,3386 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s' \text{ pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\
 &= 2 \cdot 283,52 \text{ mm}^2 \\
 &= 567,057 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$A_s' \text{ pasang} = 567,057 \text{ mm}^2 > A_s' \text{ perlu} = 96,015 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 1 lapis 2D19 dan tulangan tekan 1 lapis 2D19

### - Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 12 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 108 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} = 108 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

### - Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 12 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 108 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{maks} = 108 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok G1 25/45  
frame 92 untuk daerah tumpuan kanan :

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis  
Lapis 1 = 2D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 2D19

### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pakai tulangan tarik} \quad 2 \text{ D19} = 567,057 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} \quad 2 \text{ D19} = 567,057 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(As \cdot f_y)}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)}$$

$$= \frac{(567,057 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2)}{(0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm})}$$

$$= 35,58 \text{ mm}$$

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot d - \left( \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 35,58 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm} \cdot \left( 388,5 \text{ mm} - \left( \frac{35,58 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$= 88120713,7 \text{ N.mm}$$

Maka,

$$\theta M_{n \text{ pasang}} > M_u$$

$$0,8 \cdot 88120713,7 \text{ N.mm} > 38614000 \text{ N.mm}$$

$$70496570,93 \text{ N.mm} > 38614000 \text{ N.mm} \text{ (memenuhi)}$$

Jadi, penulangan lentur untuk balok G1 25/45 frame 92 pada daerah tumpuan kiri dipakai tulangan tarik 2D19 dan tulangan tekan 2D19 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 1 lapis  
Lapis 1 : 2D19
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 2D19

### • Daerah Lapangan

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned} X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \\ &= \frac{600}{600 + 400} \cdot 388,5 \text{ mm} \\ &= 233,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 12.2.2)

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned} X_{\max} &= 0,75 \cdot X_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \cdot 233,1 \text{ mm} \\ &= 174,825 \text{ mm} \end{aligned}$$



Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm} \\ &= 541875 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 100 \text{ mm}}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 1354,6875 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{\beta_1 \cdot X_{\text{rencana}}}{2} \right) \\ &= 1354,6875 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \left( \frac{388,5 \text{ mm} -}{2} \right) \\ &= 187488750 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar, akibat dari kombinasi :

$$1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 0,3 \text{ EQx} + 1,0 \text{ EQy}$$

$$M_u_{\text{lapangan}} = 46186400 \text{ N.mm}$$

#### Momen lentur nominal ( $M_n$ )

$$M_n = \frac{M_u_{\text{lapangan}}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{46186400 \text{ N.mm}}{0,80}$$

$$M_n = 57733000 \text{ N.mm}$$

#### Cek momen nominal tulangan lentur rangkap

Syarat :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$  maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\ &= 57733000 \text{ N.mm} - 187488750 \text{ N.mm} \\ &= -129755750 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$M_{ns} = -31197875 \text{ N.mm} < 0$$

**(tidak perlu tulangan lentur tekan)**

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

#### **6.2.4.9 Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal**

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{57733000 \text{ N.mm}}{250 \text{ mm} \cdot (388,5 \text{ mm})^2} \\ &= 1,530 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{F_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2} \\ &= 0,0542\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,0542 \\ &= 0,0406\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \cdot 30} \\ &= 15,6863\end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,6863} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,6863 \cdot 1,530 \text{ N/mm}^2}{400 \text{ N/mm}^2}} \right)$$

$$= 0,003947$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,003947 < 0,0406\end{aligned}$$

( maka pakai  $\rho_{\text{perlu}}$  )

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,003947 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 388,5 \text{ mm} \\ &= 383,38 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tulangan lentur} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,52 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**Luasan tulangan perlu lentur + luasan tambahan puntir longitudinal :**

**Jumlah tulangan pasang :**

- Luasan tulangan perlu lentur tarik + luasan tambahan puntir longitudinal sisi atas balok (top) :

$$\begin{aligned} As' \text{ perlu} &= As + \frac{Al}{4} \\ &= 383,38 \text{ mm}^2 + 96,015 \text{ mm}^2 \\ &= 479,395 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang lentur tekan (top)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As' \text{ perlu}}{Luas \text{ tulangan lentur}} = \frac{479,395 \text{ mm}^2}{283,52 \text{ mm}^2} \\ &= 1,6908 \text{ buah} \approx \mathbf{2 \text{ buah}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As' \text{ pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\ &= 2 \cdot 283,52 \text{ mm}^2 \\ &= 567,057 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$As' \text{ pasang} = 567,057 \text{ mm}^2 > As' \text{ perlu} = 479,395 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

- Luasan tulangan perlu tekan + luasan tambahan puntir longitudinal sisi bawah balok (bottom) :

$$\begin{aligned} As' \text{ perlu} &= As' + \frac{Al}{4} \\ &= 479,395 + 96,015 \text{ mm}^2 \\ &= 575,41 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang lentur tarik (bottom)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas tulangan lentur} = \frac{575,41 \text{ mm}^2}{283,52 \text{ mm}^2} = 2,029 \text{ buah} \approx \mathbf{3 \text{ buah}}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \cdot \text{luas tulangan letur} \\ &= 3 \cdot 283,52 \text{ mm}^2 \\ &= 850,58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\text{As pasang} = 850,58 \text{ mm}^2 > \text{As perlu} = 575,41 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis}$$

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 3D19 dan tulangan tekan 1 lapis 2D19

#### - **Kontrol Tulangan Tarik**

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \cdot D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 12 \text{ mm}) - (3 \cdot 19 \text{ mm})}{3 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 44,5 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} = 44,5 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

#### - **Kontrol Tulangan Tekan**

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \phi_{\text{geser}}) - (\text{jml tul} \times D_{\text{lentur}})}{\text{jumlah tulangan} - 1} \\
 S_{\text{maks}} &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 12 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1} \\
 S_{\text{maks}} &= 44,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 S_{\text{maks}} &= 44,5 \text{ mm} \geq S_{\text{syarat agregat}} = 25 \text{ mm} \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok G1 25/45 frame 92 untuk daerah lapangan :

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis  
Lapis 1 = 3D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis  
Lapis 1 = 2D19

### Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai tulangan tarik} \quad 3 \text{ D19} &= 850,58 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pakai tulangan tekan} \quad 2 \text{ D19} &= 567,057 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(A_s \cdot f_y)}{(0,85 \cdot f_c' \cdot b)} \\
 &= \frac{(850,56 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2)}{(0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm})} \\
 &= 53,37 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot d - \left(\frac{a}{2}\right) \\
 &= 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 53,37 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm} \cdot
 \end{aligned}$$

$$\left( 388,5 \text{ mm} - \left( \frac{53,37 \text{ mm}}{2} \right) \right)$$

$$= 132181070,5 \text{ N.mm}$$

Maka,

$\theta M_{n \text{ pasang}} > M_u$

$0,8 \times 132181070,5 \text{ N.mm} > 46186400 \text{ N.mm}$

$105744856,4 \text{ N.mm} > 46186400 \text{ N.mm}$

(memenuhi)

Jadi, penulangan lentur untuk balok G1 25/45 frame 92 pada daerah lapangan dipakai tulangan tarik 3D19 dan tulangan tekan 2D19 dengan susunan sebagai berikut :

- Tulangan tarik 1 lapis  
Lapis 1 : 3D19
- Tulangan Tekan 1 Lapis  
Lapis 1 : 2D19

### 6.2.5 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan Balok G1

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 14*.

#### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 14.2*.

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.1*)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Tabel 11 Pasal 14.2* sebagai berikut :

Tabel 6.4 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang $\ell_d$ tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5\sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25\sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10\sqrt{f'_c}}$

(SNI 03-2847-2002 tabel 11 pasal 14.2)

Dimana,

$\lambda d$  = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\alpha$  = faktor lokasi penulangan

$\beta$  = faktor pelapis

Tabel 6.5 Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

$\alpha$ = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
$\beta$ = faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$ , atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0



(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.4)

 $\lambda$  = faktor beton agregat ringan

Tabel 6.6 Faktor Beton Agregat Ringan

$\gamma$ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Batang D-22 atau lebih besar	1,0
$\lambda$ = faktor beton agregat ringan	
Apabila digunakan beton agregat ringan	1,3
Walaupun demikian, apabila $f_{cr}$ disyaratkan, maka $\lambda$ boleh diambil sebesar $\sqrt{f'_c} / (1,8f_{cr})$ tetapi tidak kurang dari	1,0
Apabila digunakan beton berat normal	1,0

(SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.4)

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \cdot \sqrt{f'_c}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\lambda_d = \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot d_b}{25 \cdot \sqrt{f'_c}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= \frac{12 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 19 \text{ mm}}{25 \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$= 999,522 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d$$

$$\begin{aligned}\lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{575,41 \text{ mm}^2}{850,58 \text{ mm}^2} \cdot 999,522 \text{ mm} \\ &= 676,168 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 700 mm.

### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5*.

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.1*)

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2 panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan dengan  $f_y$  sama dengan 400 MPa adalah :

$$\begin{aligned}\lambda_{hb} &= \frac{100 \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \cdot d_b \\ &= \frac{100 \cdot 19 \text{ mm}}{\sqrt{30}} \geq 8 \cdot 19 \text{ mm} \\ &= 380 \text{ mm} \geq 152 \text{ (**memenuhi**)}\end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d$$

$$\lambda_{d \text{ reduksi}} = \frac{819,905 \text{ mm}^2}{850,56 \text{ mm}^2} \cdot 380 \text{ mm}$$

$$= 346,89 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm.

### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3*

Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm.

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.1*)

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Pasal 14.3.2* panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned} l_{db} &= \frac{d_b \cdot f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \cdot d_b \cdot f_y \\ &= \frac{19 \text{ mm} \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{4 \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2}} \geq 0,04 \cdot 19 \text{ mm} \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\ &= 346,89 \text{ mm} \geq 304 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ terpasang}}} \cdot \lambda_d \\ \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{819,905 \text{ mm}^2}{850,56 \text{ mm}^2} \cdot 380 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 346,89 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 400 mm.

Untuk pembengkokan tulangan dengan sudut  $90^0$  maka ditambah perpanjangan  $12d_b$  pada ujung bebas kait.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.1)

$$\begin{aligned} 12 \cdot d_b &= 12 \cdot 19 \text{ mm} \\ &= 228 \text{ mm} \approx \mathbf{230 \text{ mm}} \end{aligned}$$

**a. Kontrol Retak**

Bila tegangan leleh rencana  $f_y$  untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian hingga nilai :

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 30 \text{ MN/m}$$

(untuk penampang di dalam ruangan) dan

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} < 25 \text{ MN/m}$$

(untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar)

(SNI 03-2847-2002 Pasal 12.6.4)

$$\begin{aligned} d_c &= \text{decking} + (0,5 \cdot D \text{ lentur}) \\ &= 40 \text{ mm} + (0,5 \cdot 19 \text{ mm}) \\ &= 49,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \frac{2d_c \cdot b_w}{n}, \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah tulangan} \\ &= \frac{2 \cdot 49,5 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm}}{4} \\ &= 6187,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A}$$

$$\begin{aligned}
 z &= 0,6 f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\
 &= 0,6 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \cdot \sqrt[3]{49,5 \text{ mm} \cdot 6187,5 \text{ mm}^2} \\
 &= 5646,006 \text{ N/mm} \\
 &= 5,646006 \text{ MN/mm} < 30 \text{ MN/mm} \text{ (**memenuhi**)}
 \end{aligned}$$

Sebagai alternative terhadap perhitungan nilai  $z$ , dapat dilakukan dengan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\begin{aligned}
 \omega &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot f_s \cdot \sqrt[3]{d_c A} \\
 &= 11 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 400 \cdot \sqrt[3]{49,5 \cdot 6187,5} \\
 &= 0,27 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm} \text{ (**memenuhi**)}
 \end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana  $\beta = 0,85$  untuk  $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$ .

### 6.2.6 Perhitungan Penulangan Geser

- Data Perencanaan balok sebagai berikut :

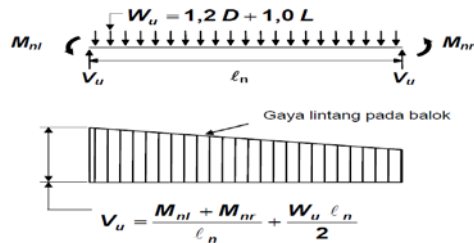
$f_c'$	= 30 Mpa
$f_y$	= 240 MPa
$\beta_1$	= 0,85
$\Phi$ reduksi	= 0,75

(SNI 03-2847-2002, Pasal 11.3.2.3)

lebar (b)	= 250 mm
tinggi (h)	= 400 mm
$\emptyset$ tulangan sengkang	= 12 mm

Berdasarkan perhitungan tulangan lentur pada **G1 25/24 frame 92**, didapat :

### Momen Tulangan Terpasang



Gambar 6.16 Perencanaan Geser Untuk Balok SRPMB

- **Momen Pasang tumpuan kiri**

Dipasang tulangan tarik 8D19,  $A_s = 2267,080 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} a &= \left( \frac{A_s \text{ pasang} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} \right) \\ &= \left( \frac{2267,080 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm}} \right) \\ &= 142,248 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\ &= 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 142,248 \text{ mm} \\ &= 906831 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek momen nominal pasang :

$$\begin{aligned} M_{nl} &= Cc' \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 906831 \text{ N} \cdot \left( 388,5 \text{ mm} - \frac{142,248 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 287806395,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- **Momen Pasang tumpuan kanan**

Dipasang tulangan tarik 2D19,  $A_s = 567,057 \text{ mm}^2$

Tinggi balok gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 a &= \left( \frac{As \text{ pasang} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \right) \\
 &= \left( \frac{567,057 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm}} \right) \\
 &= 35,58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya tekan beton :

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a \\
 &= 0,85 \cdot 30 \text{ N/mm}^2 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 35,58 \text{ mm} \\
 &= 226822,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Cek momen nominal pasang :

$$\begin{aligned}
 Mnr &= Cc' \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 226822,8 \text{ N} \cdot \left( 388,5 \text{ mm} - \frac{35,58 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 84054859,11 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2 DL + 1,0 LL + 0,3EQx + 1,0EQy, dari analisa SAP 2000 di dapatkan :

Gaya geser terfaktor = 155834 N

Dimana diambil sejarak dari d muka kolom

Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + \frac{W_u \times L_n}{2} \\
 &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + Vu
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.3.1 gambar 47)

Dimana :

$$V_{u1} = \text{Gaya geser pada muka perletakan}$$

$M_{nl}$  = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

$L_n$  = Panjang balok bersih

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_{u_{tumpuan}} \\
 &= \frac{287806395,5 \text{ Nmm} + 84054859,11 \text{ Nmm}}{4500 \text{ mm}} + 155834 \text{ N} \\
 &= 238469,834 \text{ N}
 \end{aligned}$$

#### 6.2.6.1 Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 30/3 MPa (*SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.2.1*).

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{30}{3}$$

$$\begin{aligned}
 \sqrt{30} &\leq \frac{30}{3} \\
 5,477 &\leq 10 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

#### 6.2.6.2 Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 388,5 \text{ mm} \\
 &= 88662,589 \text{ N} \\
 &\quad \text{(SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.1.1)}
 \end{aligned}$$



### 6.2.6.3 Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{s_{\min}} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot 250 \cdot 388,5 \\ &= 32375 \text{ N} \end{aligned}$$

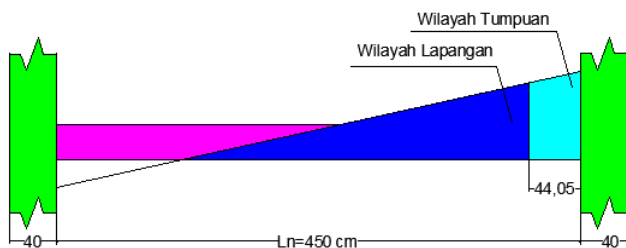
$$\begin{aligned} V_{s_{\max}} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 388,5 \text{ mm} \\ &= 177325,178 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2V_{s_{\max}} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 388,5 \text{ mm} \\ &= 354650,356 \text{ N} \end{aligned}$$

### 6.2.6.4 Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

1. Wilayah tumpuan seperempat bentang bersih balok dari muka kolom.
2. Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok



Gambar 6.17 Diagram gaya geser pada balok

### 6.2.6.5 Penulangan Geser Balok

#### 1. Pada wilayah tumpuan

$$V_{u1} = 155887,4399 \text{ N}$$

Cek kondisi :

##### Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser}$$

$$155887,4399 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 88662,589 \text{ N}$$

$$155887,4399 \text{ N} \geq 30351,5625 \text{ N (Tidak Memenuhi)}$$

##### Kondisi 2

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser}$$

$$0,5 \cdot 0,75 \cdot 88662,589 \text{ N} \leq 155887,4399 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 88662,589 \text{ N}$$

$$30351,5625 \text{ N} \leq 155887,4399 \text{ N} \geq 60703,125 \text{ N (Tidak Memenuhi)}$$

##### Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot (V_c + V_{smin}) \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser}$$

$$0,75 \cdot 88662,589 \text{ N} \leq 155887,4399 \text{ N} \leq 0,75 \cdot (88662,589 \text{ N} + 32375 \text{ N})$$

$$60703,125 \text{ N} \leq 155887,4399 \text{ N} \geq 84984,375 \text{ N (Tidak Memenuhi)}$$

##### Kondisi 4

$$\emptyset \cdot (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset \cdot (V_c + V_{smax}) \rightarrow \text{Perlu Tulangan Geser}$$

$$0,75 \cdot (88662,589 \text{ N} + 32375 \text{ N}) \leq 155887,4399 \text{ N} \leq 0,75 \cdot (88662,589 \text{ N} + 171250 \text{ N})$$

$$84984,375 \text{ N} \leq 155887,4399 \text{ N} \leq 193697,0085 \text{ N (Memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan **Kondisi 4**

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\text{perlu}}} &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \\
 &= \frac{155887,4399 \text{ N} - (0,75 \cdot 88662,589 \text{ N})}{0,75} \\
 &= 89390,498 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø8 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah} \\
 &= (0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2) \cdot 2 \\
 &= 226,080 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{S_{\text{perlu}}}} \\
 &= \frac{226,080 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ N/mm}^2 \cdot 388,5 \text{ mm}}{89390,498 \text{ N}} \\
 &= 145,071 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq \frac{d}{2} \\
 145,071 \text{ mm} &\leq \frac{388,5 \text{ mm}}{2} \\
 145,071 \text{ mm} &\leq 194,25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq 600 \text{ mm} \\
 145,071 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø12 – 100 mm.

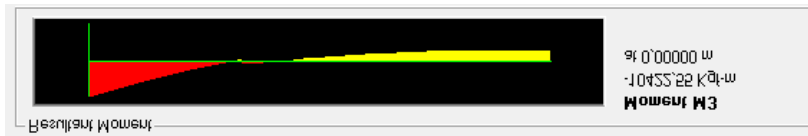
### 6.3 Perhitungan Sloof

Untuk pembebanan sloof ini didapat dari analisa struktur SAP 2000 dengan daerah tinjauan frame 75 karena memiliki nilai momen yang besar yang didapat dari kombinasi 1,2 DL + 1,0LL+ 0,3 EQx + 1 EQy.

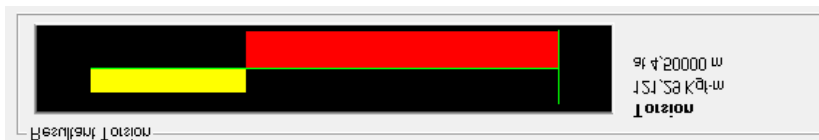
#### 6.3.1 Data Perencanaan Sloof :

- As sloof :
- Bentang sloof : 4500 mm
- Dimensi sloof : 250 mm x 450 mm
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) : 30 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$  lentur) : 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$  geser) : 240 MPa
- Diameter tulangan lentur ( $\emptyset$  lentur) : 19 mm
- Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm
- Tebal selimut beton (decking) : 75 mm  
(SNI 03-2847-2002 pasal 9.7.1)
- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) : 25 mm  
(SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.3)
- Faktor  $\beta_1$  : 0,85  
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.(3))
- Faktor reduksi kekuatan lentur ( $\emptyset$ ) : 0,8  
(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(1))
- Faktor reduksi kekuatan geser ( $\emptyset$ ) : 0,75  
(SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

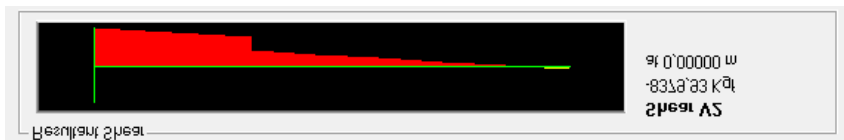
Berdasarkan data output SAP 2000 frame 277 didapatkan :



$$- \quad Mu \quad : 10422,55 \text{ kg.m} \quad : 104225500 \text{ Nmm}$$



$$- \quad Tu \quad : 121,29 \text{ kg.m} \quad : 1212900 \text{ Nmm}$$



$$- \quad Vu \quad : 8379,93 \text{ kg} \quad : 83799,3 \text{ N}$$

### 6.3.2 Perhitungan Momen Nominal

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$Mn = \frac{104225500 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$Mn = 130281875 \text{ Nmm}$$

### 6.3.3 Perhitungan Beban Aksial Kolom

Gaya normal (N) pada sloof adalah 10% dari gaya aksial terbesar pada kolom yang menjepit di kanan dan kiri balok sloof.



Beban aksial kolom kiri = 42904600 N



Beban aksial kolom kanan = 53628600 N

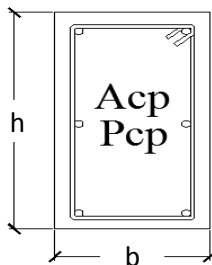
Dari kedua beban aksial tersebut, diambil yang terbesar yaitu  $P = 53628600 \text{ N}$

Sehingga gaya normal yang terjadi pada sloof :

$$\begin{aligned} N &= 10\% \cdot P \text{ kolom} \\ &= 0,1 \cdot 53628600 \text{ N} \\ &= 5362860 \text{ N} \end{aligned}$$

### 6.3.4 Penulangan Torsi Sloof

Ukuran penampang balok yang dipakai 30/50



Gambar 6.18 Gambar luasan  $A_{cp}$  dan keliling  $P_{cp}$

- Luasan penampang dibatasi sisi luar

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \cdot h \\ &= 250 \text{ mm} \cdot 450 \text{ mm} \\ &= 112500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi sisi luar

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \cdot (b + h) \\ &= 2 \cdot (250 \text{ mm} + 450 \text{ mm}) \\ &= 1400 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b - 2 \cdot t_{dekking} - \emptyset_{geser}) \cdot (h - 2 \cdot t_{dekking} - \emptyset_{geser}) \\ &= (250 \text{ mm} - 2 \cdot 75 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \cdot \\ &\quad (450 \text{ mm} - 2 \cdot 75 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) \\ &= 26100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \cdot ((b - 2 \cdot t_{dekking} - \emptyset_{geser}) + \\ &\quad (h - 2 \cdot t_{dekking} - \emptyset_{geser})) \\ &= 2 \cdot ((250 \text{ mm} - 2 \cdot 75 \text{ mm} - 10 \text{ mm}) + \\ &\quad (450 \text{ mm} - 2 \cdot 75 \text{ mm} - 10 \text{ mm})) \\ &= 760 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Cek Pengaruh Tulangan Puntir

$$Tu_{min} = \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12}$$

$$Tu_{min} = \frac{0.75 \sqrt{30} \left( \frac{112500^2}{1400} \right)}{12}$$

$$Tu_{min} = 3094693,58 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 Pasal 13.6.1(a))

Syarat :

$Tu_{\min} \geq Tu \rightarrow$  Tulangan puntir diabaikan

$Tu_{\min} \leq Tu \rightarrow$  Tulangan puntir tidak diabaikan

$Tu_{\min} = 3094693,58 \text{ Nmm} \geq Tu = 1212900 \text{ Nmm}$

**Maka tulangan puntir diabaikan**

- Cek Dimensi Penampang

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot Aoh^2}\right)^2} \leq \varphi \left( \frac{\frac{1}{6} \sqrt{fc'} \cdot b \cdot d}{b \cdot d} + \left( \frac{2 \cdot \sqrt{fc'}}{3} \right) \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{42049,7}{250 \cdot 450}\right)^2 + \left(\frac{1212900 \cdot 1032}{1,7 \cdot 56564^2}\right)^2} \leq 0,75 \left( \frac{\frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 450}{250 \cdot 450} + \left( \frac{2 \cdot \sqrt{30}}{3} \right) \right)$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.6.3.(1).a)

$$0,4267 \leq 3,651 \quad (\text{memenuhi})$$

maka penampang balok sloof mencukupi.

### 6.3.5 Penulangan Lentur Sloof

$$P_n = 53628600 \text{ N}$$

$$M_n = 130281875 \text{ Nmm}$$

- Sumbu Horizontal



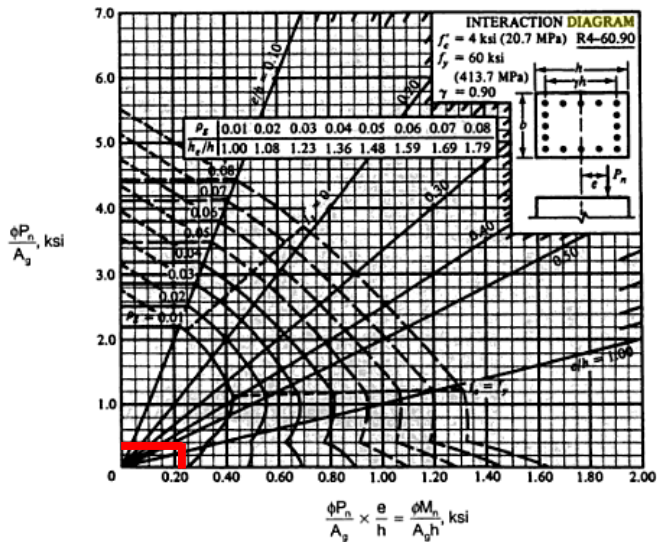
$$\frac{\phi M_n}{A_g \cdot h} = \frac{0,8 \cdot 130281875 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (450 \text{ mm})^2} = 2,0587 \text{ N/mm}^2$$

$$2,0587 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,145 = 0,298 \text{ ksi}$$

- Sumbu Vertikal

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{53628,6 \text{ N}}{250 \text{ mm} \cdot 450 \text{ mm}} = 0,3813 \text{ N/mm}^2$$

$$0,3813 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,145 = 0,055 \text{ ksi}$$



Gambar 6.19 Diagram Interaksi

Maka didapatkan  $\rho_{\text{perlu}} = 2\% = 0,02$

### 6.3.5.1 Menghitung Penulangan Sloof

- Luas Tulangan Lentur Perlu

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot h \\ &= 0,02 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 2250 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{- Luas Tulangan Lentur} \\ \text{luas tulangan D19} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (19 \text{ mm})^2 \\ &= 283,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Jumlah Tulangan Lentur Pasang} \\ n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{luas tulangan D19}} \\ &= \frac{2250 \text{ mm}^2}{283,53 \text{ mm}^2} \\ &= 7,935 \approx 8 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Luasan Tulangan Lentur Pasang} \\ \text{As}_{\text{pasang}} &= n \cdot \text{luas tulangan D19} \\ &= 8 \cdot 283,53 \text{ mm}^2 \\ &= 2268,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

**Jadi, dipakai 8 D19, As pasang 2268,23mm<sup>2</sup>.**

- Cek Jarak Spasi Tulangan

Syarat :

$$\begin{aligned} S_{\max} &\geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} && \rightarrow \text{susun 1 lapis} \\ S_{\max} &\leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} && \rightarrow \text{susun lebih dari 1 lapis} \end{aligned}$$

Direncanakan dipakai tulangan tarik 1 lapis 4D19 dan tulangan tekan 1 lapis 4D19

### Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang 1 sisi}} \cdot D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang 1 sisi}} - 1} \\ S_{\max} &= \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 75 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (4 \cdot 19 \text{ mm})}{4 - 1} \end{aligned}$$

$$S_{\max} = 14,66 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 14,66 \text{ mm} < S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm}$$

**( tidak memenuhi, pasang 2 lapis )**

Lapis 1 :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang 1 sisi}} \cdot D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang 1 sisi}} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 75 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{\max} = 42 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 42 \text{ mm} > S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Lapis 2 :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang 1 sisi}} \cdot D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang 1 sisi}} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 75 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{\max} = 42 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 42 \text{ mm} > S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

### Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang 1 sisi}} \cdot D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang 1 sisi}} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 75 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (4 \cdot 19 \text{ mm})}{4 - 1}$$

$$S_{\max} = 14,66 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 14,66 \text{ mm} < S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm}$$

**( tidak memenuhi, pasang 2 lapis )**

Lapis 1 :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang 1 sisi}} \cdot D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang 1 sisi}} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 75 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{\max} = 42 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 42 \text{ mm} > S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Lapis 2 :

$$S_{\max} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (n_{\text{pasang 1 sisi}} \cdot D_{\text{lentur}})}{n_{\text{pasang 1 sisi}} - 1}$$

$$S_{\max} = \frac{250 \text{ mm} - (2 \cdot 75 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (2 \cdot 19 \text{ mm})}{2 - 1}$$

$$S_{\max} = 42 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 42 \text{ mm} > S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

**Jadi, penulangan lentur untuk sloof 25/45 dipakai tulangan tarik 4 lapis 4D19 dan tulangan tekan 4 lapis 4D19.**

### 6.3.6 Penulangan Geser Sloof

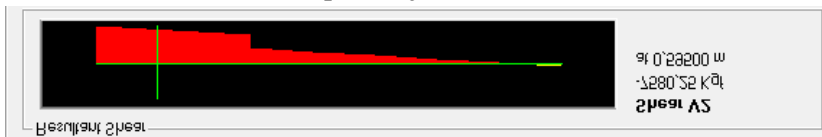
#### 6.3.6.1 Data perencanaan :

- |                          |           |
|--------------------------|-----------|
| - L sloof                | : 4500 mm |
| - b sloof                | : 250 mm  |
| - h sloof                | : 450 mm  |
| - Kuat tekan beton (fc') | : 30 MPa  |

- Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$  geser) : 240 MPa
  - Diameter tulangan lentur ( $\emptyset$  lentur) : 19 mm
  - Diameter tulangan geser ( $\emptyset$  geser) : 10 mm
  - Faktor reduksi kekuatan geser ( $\emptyset$ ) : 0,75
- (SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))**
- $d = h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur}$   
 $= 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm})$   
 $= 390,5 \text{ mm}$
  - $d' = \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur}$   
 $= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + (\frac{1}{2} \cdot 19 \text{ mm})$   
 $= 59,5 \text{ mm}$

Berdasarkan data output SAP 2000 frame 75 didapatkan :

- Gaya Momen  
 $M_{n\text{-kiri}} (M_{nl}) = 140225500 \text{ Nmm}$   
 $M_{n\text{-kanan}} (M_{nr}) = 28631600 \text{ Nmm}$
- Gaya Geser Terfaktor  
 $V_u = 75802,5 \text{ N}$   
 (dimana  $V_u$  diambil pada sejarak  $d$  dari muka kolom)



Gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari :

$$V_{u1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + \frac{W_u \cdot L_n}{2}$$

$$= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

**(SNI 03-2847-2002 Pasal 23.10.3.1 gambar 47)**

Dimana :

$V_{u1}$  = Gaya geser pada muka perletakan

$M_{nl}$  = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kiri)

$M_{nr}$  = Momen nominal aktual balok daerah tumpuan (kanan)

$L_n$  = Panjang balok bersih

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_{u_{tumpuan}} \\ &= \frac{140225500 \text{ Nmm} + 28631600 \text{ Nmm}}{4500 \text{ mm}} + 75802,5 \text{ N} \\ &= 121323,1 \text{ N} \end{aligned}$$

### 6.3.6.2 Syarat Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ )

Nilai  $\sqrt{f_c'}$  yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3 MPa

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.1.2.1).

$$\begin{aligned} \sqrt{f_c'} &\leq \frac{30}{3} \\ \sqrt{30} &\leq \frac{30}{3} \\ 5,47 &\leq 10 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

### 6.3.6.3 Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 390,5 \text{ mm} \\ &= 89119,024 \text{ N} \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.3.1.1)

**6.3.6.4 Kuat Geser Tulangan Geser**

$$\begin{aligned}
 V_{S_{\min}} &= \frac{1}{3} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 390,5 \text{ mm} \\
 &= 32541,667 \text{ N}
 \end{aligned}$$

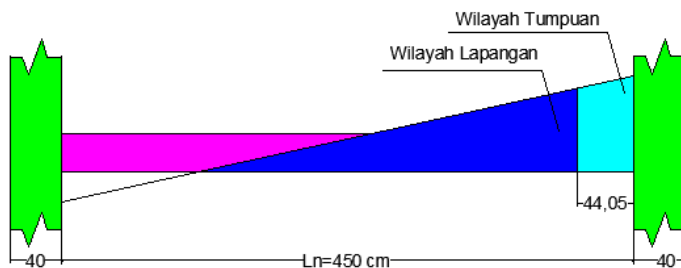
$$\begin{aligned}
 V_{S_{\max}} &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 390,5 \text{ mm} \\
 &= 109088 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2V_{S_{\max}} &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\
 &= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30 \text{ N/mm}^2} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 390,5 \text{ mm} \\
 &= 356476 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**6.3.6.5 Pembagian Wilayah Geser Balok**

Wilayah balok dibagi menjadi 2 wilayah, yaitu :

- Wilayah tumpuan seperempat bentang bersih balok dari muka kolom.
- Wilayah lapangan dimulai dari akhir wilayah tumpuan sampai ke tengah bentang balok.



Gambar 6.20 Diagram gaya geser pada balok

### 6.3.6.6 Penulangan Geser Balok

1. Pada wilayah tumpuan

$$V_{ul} = 121323,1 \text{ N}$$

Cek kondisi :

#### Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser}$$

$$121323,1 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 89119,024 \text{ N}$$

$$121323,1 \text{ N} \geq 33419,6 \text{ N} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

#### Kondisi 2

$$0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot V_c \rightarrow \text{Tulangan Geser Minimum}$$

$$0,5 \cdot 0,75 \cdot 89119,024 \text{ N} \leq 121323,1 \text{ N} \leq 0,75 \cdot 89119,024 \text{ N}$$

$$33419,6 \text{ N} \leq 121323,1 \text{ N} \leq 66839,26 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

#### Kondisi 3

$$\emptyset \cdot V_c \leq V_u \leq \emptyset \cdot (V_c + V_{smin}) \rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser}$$

$$0,75 \cdot 89119,024 \text{ N} \leq 121323,1 \text{ N} \leq 0,75 \cdot (89119,024 \text{ N} + 32541,667 \text{ N})$$

$$66839,26 \text{ N} \leq 121323,1 \text{ N} \geq 91245,5 \text{ N} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

#### Kondisi 4

$$\emptyset \cdot (V_c + V_{smin}) \leq V_u \leq \emptyset \cdot (V_c + V_{smax}) \rightarrow \text{Perlu Tulangan Geser}$$

$$0,75 \cdot (89119,024 \text{ N} + 32541,667 \text{ N}) \leq 121323,1 \text{ N} \leq 0,75 \cdot (89119,024 \text{ N} + 356476 \text{ N})$$

$$91245,5 \text{ N} \leq 121323,1 \text{ N} \leq 148655,4 \text{ N} \text{ (Memenuhi)}$$

Maka perencanaan penulangan geser kolom diambil berdasarkan **Kondisi 4**



$$\begin{aligned}
 \cdot V_{S_{\text{perlu}}} &= \frac{Vu - \phi Vc}{\phi} \\
 &= \frac{121323,1 \text{ N} - (0,75 \cdot 89119,024 \text{ N})}{0,75} \\
 &= 54483,832 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser Ø12 mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned}
 A_v &= (0,25 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot n \text{ buah} \\
 &= (0,25 \cdot \pi \cdot (12 \text{ mm})^2) \cdot 2 \\
 &= 157,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu ( $S_{\text{perlu}}$ )

$$\begin{aligned}
 S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_{S_{\text{perlu}}}} \\
 &= \frac{157,000 \text{ mm}^2 \cdot 240 \text{ N/mm}^2 \cdot 390,5 \text{ mm}}{54483,832 \text{ N}} \\
 &= 165,288 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser Berdasarkan Kondisi 4

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq \frac{d}{2} \\
 165,288 \text{ mm} &\leq \frac{390,5 \text{ mm}}{2} \\
 165,288 \text{ mm} &\leq 195,25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq 600 \text{ mm} \\
 165,288 \text{ mm} &\leq 600 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai tulangan geser Ø12 – 150 mm.

### 6.3.7 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan Sloof

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 14*.

#### Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 pasal 14.2*.

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.1*)

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2002 Tabel 11 Pasal 14.2* sebagai berikut :

Tabel 6.7 Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

	Batang D-19 dan lebih kecil atau kawat ulir	Batang D-22 atau lebih besar
Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $d_b$ , selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$ , dan sengkang atau sengkang ikat yang dipasang di sepanjang $\ell_d$ tidak kurang dari persyaratan minimum sesuai peraturan  atau Spasi bersih batang-batang yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton bersih tidak kurang dari $d_b$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{12f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{3f_y \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{f'_c}}$
Kasus-kasus lain	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{18f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'_c}}$	$\frac{\ell_d}{d_b} = \frac{9f_y \alpha \beta \lambda}{10 \sqrt{f'_c}}$

(*SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.2*)

Dimana,

$\lambda_d$  = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

$d_b$  = diameter tulangan lentur yang dipakai

$\alpha$  = faktor lokasi penulangan

$\beta$  = faktor pelapis

Tabel 6.8 Faktor Lokasi dan Faktor Pelapis

$\alpha$ = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal yang ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau	1,3
Tulangan lain	1,0
$\beta$ = faktor pelapis	
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi dengan selimut beton kurang dari $3d_b$ atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tanpa pelapis	1,0

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan

Tabel 6.9 Faktor Beton Agregat Ringan

$\gamma$ = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil dan kawat ulir	0,8
Batang D-22 atau lebih besar	1,0
$\lambda$ = faktor beton agregat ringan	
Apabila digunakan beton agregat ringan	1,3
Walaupun demikian, apabila $f_{ct}$ disyaratkan, maka $\lambda$ boleh diambil sebesar $\sqrt{f'_c} / (1,8f_{ct})$ tetapi tidak kurang dari	1,0
Apabila digunakan beton berat normal	1,0

(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.2.4)

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \cdot \sqrt{f'_c}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_d &= \frac{12 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot d_b}{25 \cdot \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm} \\
 &= \frac{12 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 19}{25 \cdot \sqrt{30}} \geq 300 \text{ mm} \\
 &= 999,045 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}
 \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ terpasang}} \cdot \lambda_d \\
 \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{2250 \text{ mm}^2}{2268,24 \text{ mm}^2} \cdot 999,045 \text{ mm} \\
 &= 991,021 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tarik 1000 mm.

#### Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5**

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm.

**(SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.1)**

Berdasarkan **SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2** panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan dengan  $f_y$  sama dengan 400 MPa adalah :

$$\begin{aligned}
 \lambda_{hb} &= \frac{100 \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \cdot d_b \\
 &= \frac{100 \cdot 19}{\sqrt{30}} \geq 8 \cdot 19 \\
 &= 346,89 \text{ mm} \geq 152 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}
 \lambda_{d \text{ reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ terpasang}} \times \lambda_{hb} \\
 &= \frac{2250 \text{ mm}^2}{2268,24 \text{ mm}^2} \times 346,89 \text{ mm} \\
 &= 344,1 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik 250 mm.

Untuk pembengkokan tulangan dengan sudut  $90^\circ$  maka ditambah perpanjangan  $12d_b$  pada ujung bebas kait.

(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.1)

$$\begin{aligned}
 12 \cdot d_b &= 12 \cdot 19 \text{ mm} \\
 &= 228 \text{ mm} \approx 230 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

## **BAB VII SAMBUNGAN**

### **7.1 Umum**

Dalam bab ini akan diuraikan kriteria desain sambungan, konsep, jenis sambungan dan hal-hal yang berkaitan dengan alat-alat sambungan. Penggunaan sambungan relatif mudah dalam pelaksanaannya jika di dibandingkan dengan sambunga kering (non topping) seperti mechanical connection dan welding connection yang cukup kompleks.

Untuk sambungan basah dalam daerah joint diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan betom topping. Didalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (shear connector) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan plat topping agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan di harapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu di tinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu juga di tinjau “service ability”, kekuatan dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, gempa dan kombinasi dari beban tersebut.

Sambungan antara elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan baik sambungan cor setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (cast in situ).

## **7.2 Kriteria Perencanaan Sambungan**

Kriteria perencanaan sambungan disesuaikan dengan desain karena ada perbedaan kriteria untuk masing-masing tipe sambungan. Persyaratan suatu sambungan dapat menjadi syarat yang tidak terlalu penting untuk sambungan lain. Hal ini diakibatkan karena perbedaan asumsi atau anggapan perbedaan spesifikasi dari pihak perancang dan pemilik struktur.

- **Kekuatan**

Suatu sambungan harus mempunyai kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang diterapkan sepanjang umur dari sambungan. Beberapa dari gaya ini disebabkan oleh gaya gravitasi, angin, gempa, dan perubahan volume.

- **Daktilitas**

Daktilitas sering didefinisikan sebagai kemampuan relative struktur untuk menampung deformasi yang besar tanpa mengalami runtuh. Untuk material struktur, daktilitas diukur dengan total deformasi yang terjadi saat leleh awal terhadap leleh batas (ultimate failure).

Daktilitas pada portal sering digabungkan ketahanan terhadap momen, hal ini dipakai dalam perencanaan gempa. Pada elemen sambungan tahan momen tegangan tarik lentur biasanya ditahan oleh komponen baja. Dan kondisi runtuh akhir dapat terjadi karena kondisi putusnya

baja, hancurnya beton atau kegagalan sambungan baja dan beton. Pada perhitungan kali ini menggunakan daktilitas parsial.

- **Daya Tahan**

Sambungan perlu diawasi dan dipelihara, sambungan yang diperkirakan akan langsung dapat bersentuhan dengan cuaca harus dilakukan tindakan perlindungan dengan beton atau dengan cat (galvanis). Daya tahan yang buruk dapat diakibatkan oleh retak, spalling beton dan yang paling sering diakibatkan oleh korosi dari komponen baja elemen beton pracetak.

- **Ketahanan terhadap kebakaran**

Beberapa sambungan beton pracetak tak mudah terpengaruh akibat api, seperti pada perletakan antara pelat dan balok yang secara umum tidak memerlukan perlindungan secara khusus terhadap api. Apabila pelat diletakkan diatas bearing pads yang terbuat dari bahan yang mudah terbakar maka perlindungan khusus dari bearing pads tersebut tidak perlu karena keadaan terburuk dari pads tidak akan menyebabkan runtuh, tetapi sesudah kebakaran pads harus diganti. Sambungan yang tidak tahan api memerlukan perlindungan khusus seperti dengan melapisi beton, gypsum wallboard atau bahan lain yang tahan api.

- **Perubahan Volume**

Kombinasi pemendekan akibat dari rangkai, susut dan penurunan suhu dapat menyebabkan beberapa tegangan pada elemen beton pracetak ataupun perletakkannya ditarik pergerakannya. Tegangan ini harus dimasukkan oleh desain dan akan lebih baik bila sambungan diijinkan untuk berpindah tempat untuk mengurangi besarnya tegangan tersebut.



- Kesederhanaan Sambungan

Semakin sederhana sambungan maka diharapkan akan semakin ekonomis. Kriteria penyederhanaan sambungan :

1. Memakai bahan- bahan standart
2. Menggunakan detail yang sama (berulang)
3. Mengurangi bagian-bagian yang perlu ditancapkan pada elemen sehingga memerlukan presisi tinggi untuk menempatkannya.
4. Mempersiapkan cara-cara pergantian.

- Kesederhanaan Pemasangan

Kesederhanaan pemasangan elemen beton pracetak sangat menentukan keberhasilan pencapaian tujuan penerapan konstruksi beton pracetak. Kesederhanaan pemasangan tidak lepas dari bentuk dan tipe sambungan yang dipilih. Kesederhanaan suatu sambungan biasanya menjamin dalam kemudahan pemasangan.

## 7.3 Konsep Desain Bangunan

### 7.3.1 Mekanisme pemindahan beban

Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam.

Dimana pemindahan beban diteruskan kekolom dengan melalui tahap sabagai berikut :

1. Beban diserap pelat dan ditransfer keperletakan dengan kekuatan geser.
2. Perletakan ke haunch melalui gaya tekan pads.
3. Haunch menyerap gaya vertikal di perletakan dengan kekuatan geser dan lentur di profil baja.
4. Gaya geser vertikal dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las.

5. Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam.

Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Balok beton ketulangan dengan lekatan atau ikatan.
2. Tulangan baja siku diujung balok di ikat dengan las.
3. Baja siku diujung balok ke haunch melalui gesekan diatas dan dibawah bearing pads. Sebagai gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada pads.
4. Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
5. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh stud ke kolom beton melalui ikatan atau lekatan.

### 7.3.2 Stabilitas dan Keseimbangan

Adapun permasalahan utama pada struktur beton pracetak biasanya disebabkan oleh kesalahan perencanaan dalam menghitung stabilitas dan keseimbangan dari struktur dan komponen-komponen, bukan hanya pada kedudukan akhir tetapi juga selama fase pelaksanaan konstruksi.

Sebagai contoh pada balok induk, karena eksentrisitas beban pada balok terjadi torsi dan balok cenderung berputar pada perletak. Perencanaan perlu untuk memperitungkan kondisi pada saat pemasangan balok tersebut.

Pada kenyataannya struktur balok pracetak diinginkan agar stabilitas lateral diciptakan oleh shearwall atau bracing dan dapat juga oleh portal tahan momen. Gaya lateral di distribusikan ke setiap bagian struktur lateral melalui aksi diafragma dari pelat lantai.

### 7.3.3 Klasifikasi Sistem dan Sambungan

Sistem pracetak di definisikan dalam dua kategori, yaitu :

### 1. Lokasi Penyambungan

Portal daktail dapat dibagi sesuai dengan letak penyambungan dan lokasi yang diharapkan terjadi pelelehan atau tempat sendi daktailnya. Simbol-simbol dibawah ini digunakan untuk mengidentifikasi perilaku dan karakteristik pelaksanaannya :

- Kuat, sambungan elemen-elemen pracetak yang kuat dan tidak leleh akibat gempa-gempa yang besar.
- Sendi, sambungan elemen-elemen pracetak bila dilihat dari momen akibat beban lateral gempa dapat bersifat sebagai sendi.
- Daktail, sambungan elemen-elemen pracetak yang daktail dan berfungsi sebagai pemancar energi.
- Lokasi sendi plastis.

### 2. Jenis alat penyambungan

- Shell pracetak dengan bagian intinya di cor beton setempat.
- Cold joint yang diberi tulangan biasa
- Cold joint yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint grouting.
- Cold joint yang diberi tulangan pracetak namun jointnya tidak di grouting.
- Sambungan-sambungan mekanik.
- 

## 7.4 Pola-pola kehancuran

Sebagian perencanaan diharuskan untuk menguji masing-masing pola kehancuran. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata. Sebagai contoh pada kehancuran untuk sambungan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

PCI Design Handbook memberikan lima pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan dapped-end dari balok yaitu sebagai berikut :

1. Lentur dan gaya tarik aksial pada ujung
2. Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung
3. Geser langsung antar tonjolan dengan bagian utama balok
4. Tarik diagonal pada ujung akhir
5. Perletakan pada ujung atau tonjolan

## **7.5 Pertimbangan dalam Perencanaan**

### **1. Sambungan sendi-sendi**

Pertimbangan pertama adalah menentukan letak sambungan pada titik momen minimum, namun sambungan tersebut masih harus didesain terhadap momen yang masih terjadi. Momen yang terjadi lantai per lantai akibat beban mati ditambah beban hidup juga biasanya tidak banyak berbeda, tapi pergeseran-pergeseran bidang momen akibat ragam-ragam yang lebih tinggi dalam keadaan in-elastis perlu diperhatikan.

### **2. Sambungan daktail pemencar energi**

Bila sambungan diletakkan pada titik-titik dimana sendi plastis akan terjadi, maka penyambungan harus mampu berotasi bolak-balik secara plastis tanpa mengurangi kekuatan momen dan kapasitas geser dari joint tersebut.

Sistem sambungan terjadi sangat kompleks dan sedikit sekali penelitian dilakukan dalam hal ini. Keadaan ini cenderung dihindari oleh para desainer dan letak joint dengan lokasi sendi plastis berusaha dipindahkan. Dari segi pengerjaan dan pelaksanaan beton pracetak, peletakan lokasi joint yang sama dengan lokasi sendi plastis sangatlah ekonomis sebab elemen-elemen tunggal dan berbentuk lurus dan pengangkutan serta pengangkatannya lebih mudah.

Sebelum pelat mencapai momen lelehnya, keretakan mungkin terjadi pada kolom, sehingga rotasi post-elastic akan terjadi pada suatu daerah yang menyebabkan peningkatan kekangan pada joint. Beban siklis yang terjadi pada joint di daerah ini mengakibatkan pengurangan pada gaya gesernya. Regangan-regangan tinggi yang berulang dan bolak-balik pada tulangan yang dimaksud mengakibatkan penurunan momen yang besar jika tidak direncanakan penulangannya. Bila akibat beban tarik kemudian diberi gaya tekan kembali mengakibatkan gaya lateral yang cukup besar pada beton yang berada di sekeliling tulangan, hal ini dapat mengakibatkan pengurangan kapasitas beton untuk menerima gaya tekan bolak-balik.

Untuk struktur beton bertulang setempat, degradasi ini diatas dengan adanya tulangan lateral (senggang). Efektifitas tulangan tersebut yang terletak pada suatu cold joint sampai sekarang belum begitu terbukti. Di masa yang akan datang perlu di kembangkan joint-joint yang dapat berperilaku baik dalam keadaan post yeild.

### 3. Alat penyambung kuat (tidak leleh dulu dibandingkan sendi plastisnya)

Untuk menghindari letak joint antar elemen pracetak yang bertepatan dengan letak sendi plastis adalah dengan cara memaksakan agar letak sendi tersebut jauh dari joint. Kapasitas elastic pada permukaan kolom harus melebihi dari yang di perkirakan dengan meletakkan sendi plastis tersebut pada pelat.

Kapasitas momen elastic pada muka kolom harus lebih besar dari pada kapasitas momen plastis pada lokasi sendi. Regangan dan gaya lebih tinggi akan timbul apabila pelelehan dan variasinya sama seperti yang digunakan untuk komponen-komponen lain yang sama yaitu sendi plastis dengan komponen pracetak lain.

Agar mekanisme yang duharapkan dapat tercapai maka kapasitas momen kolom gabung harus lebih besar

dari pada kapasitas yang dihasilkan pada saat sendi plastis menempel pada kolom. Sambungan-sambungan dapat direncanakan secara plastis dengan banyak kemungkinan jenis-jenis sambungan yang dapat dipakai diantaranya sambungan las, sambungan *post tension* atau sambungan *grouting*.

#### 4. Sambungan cold joint yang diberi tulangan biasa

Jenis joint ini diletakkan diderah momen yang kecil. Pemakaian yang umum yaitu dengan menggunakan sendi yang bebas berputar, sebab biasanya sendi tersebut dipasang didaerah yang secara analisa memang terjadi persendian (*inflection point*).

Pada permukaan elemen pracetak direncanakan suatu sambungan yang tidak akan terjadi pelelehan sambungan. Dan sudut pelaksanaannya adalah sangat mengutungkan dan agar panjang sambungan sependek mungkin serta mengurangi kemungkinan besarnya momen yang terjadi.

Transfer bond tegangan yang berasal dari tulangan tarik biasanya sering dipilih sebab tidak akan menimbulkan masalah yang berarti pada waktu pemasangan *mechanical aplices*. Transfer geser diperbaiki dengan mengubah tulangan pengekang.

Sambungan-sambungan basah biasanya tidak dapat didakai pada sambungan kolom sehingga kolom sehingga kebanyakan digunakan sambungan *dowel* atau sambungan-sambungan mekanik. Untuk gempa besar biasanya jenis sambungan ini tidak dapat memenuhi persyaratan. Selain terjadi gaya geser yang cukup besar yang harus di transfer, juga terjadi momen yang cukup besar akibat pergeseran *inflection point* akibat sifat-sifat *in-elastic* bila terjadi cukup banyak sendi-sendi plastis pada struktur. Pengaruh ragam yang lebih tinggi dapat menggeser letak *inflection point* pada analisa elastic. Gaya geser yang cukup besar dapat di transfer lewat *shear keys*.

## 7.6 Penggunaan Topping Beton

Penggunaan topping beton komposit disebabkan karena berbagai pertimbangan, tujuan utamanya adalah sebagai berikut :

1. Untuk menjamin agar lantai beton pracetak dapat bekerja sebagai satu kesatuan diafragma horizontal yang cukup kuat.
2. Agar penyebaran atau distribusi beban hidup vertical antar komponen pracetak lebih merata.
3. Meratakan permukaan beton karena adanya perbedaan penurunan atau camber mereduksi kebocoran air.

Tebal topping umumnya berkisar antara 50 mm sampai dengan 100 mm.

Pemindahan sepenuhnya gaya geser akibat beban lateral pada komponen struktur komposit tersebut akan bekerja dengan baik selama tegangan geser horizontal yang timbul tidak melampaui, maka topping beton tidak boleh dianggap sebagai struktur komposit. Melainkan harus dianggap sebagai beban mati yang bekerja pada komponen beton pracetak tersebut.

Kebutuhan baja tulangan pada topping dalam menampung gaya geser horizontal tersebut dapat direncanakan dengan menggunakan geser friksi (*shear friksi concept*).

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu} > A_{vf \text{ min}}$$

Dimana :

$A_{vf}$  = luas tulangan geser friksi

$V_n$  = luas geser nominal  $< 0,2 f_c' A_c$  (newton)

$< 5,5 A_c$  (newton)

$A_c$  = luas penampang beton yang memikul penyaluran geser

$f_y$  = kuat leleh tulangan

$\mu$  = koefisien friksi (=1)

$A_{vf \text{ min}}$  = 0,018  $A_c$  untuk baja tulangan mutu 400 Mpa

$$= 0,018 \frac{400}{f_y} A_c \text{ untuk tulangan } f_y > 400 \text{ Mpa}$$

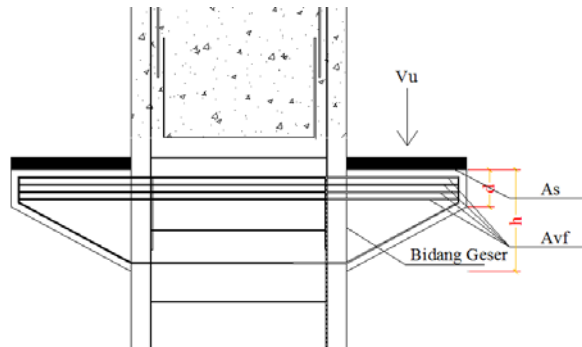
Di ukur pada tegangan leleh 0,35% = dalam segala hal tidak boleh kurang dari 0,0014  $A_c$ .

## 7.7 Perhitungan Sambungan

### 7.7.1 Perencanaan Sambungan Balok Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok dengan kolom akan digunakan sambungan konsol pendek. Balok akan diletakkan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian di pakai menjadi satu kesatuan. Sesuai SNI 03-2847-2003 pasal 13.9 ada beberapa ketentuan adlah sebagai berikut :

**7.7.1.1** Ketentuan 13.9 ini berlaku untuk konsol pendek dengan rasio bentang terhadap tinggi efektif  $a/d$  tidak lebih besar dari pada satu.



Gambar 7.1 konsol pendek

**7.7.1.2** Tinggi konsol pada tepi luar daerah

**7.7.1.3** Penampang pada muka tumpuan harus di rencanakan untuk memikul secara bersamaan suatu geser  $V_u$ ,



suatu momen  $V_{ua} + N_{uc}$  (h-d), dan suatu gaya tarik horizontal  $N_{uc}$ .

**7.7.1.4** Di dalam semua perhitungan perencanaan yang sesuai dengan 13.9, faktor reduksi kekuatan  $\phi$  harus diambil sebesar 0,75.

**7.7.1.5** Perencanaan tulangan geser friksi  $A_{vf}$  untuk memikul geser  $V_u$  harus memenuhi ketentuan 13.7.

- a. Untuk beton normal, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar dari pada  $0,2f_c'bwd$  ataupun  $5,5bwd$  dalam Newton.
- b. Untuk beton ringan – total atau beton ringan pasir, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil melebihi  $(0,2 - 0,07a/d)f_c'bwd$  ataupun  $(5,5 - 1,9a/d)bwd$  dalam Newton.

**7.7.1.6** Tulangan  $A_r$  untuk menahan momen [ $V_{ua} + N_{uc}$  (b-d)] harus dihitung menurut 12.2 dan 12.3.

**7.7.1.7** Tulangan  $A_n$  untuk menahan gaya tarik  $N_{uc}$  harus ditentukan dari  $N_{uc} < \phi A_n f_y$ . Gaya tarik  $N_{uc}$  tidak boleh diambil kurang dari pada  $0,2 V_u$ , kecuali bila digunakan suatu cara khusus untuk mencegah terjadi gaya tarik. Gaya tarik  $N_{uc}$  harus dianggap sebagai suatu beban hidup walau gaya tarik tersebut timbul akibat rangkai, susut, atau perubahan suhu.

**7.7.1.8** Luas tulangan tarik utama  $A_s$  harus diambil sama dengan nilai terbesar dari  $(A_f + A_n)$  atau  $(2A_{vf}/3 + A_n)$ .

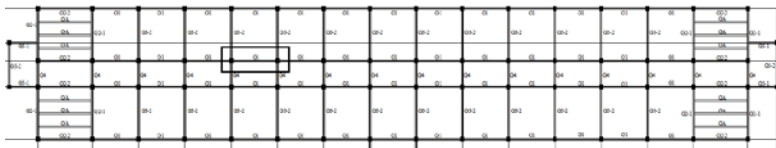
**7.7.1.9** Sengkang tertutup atau sengkang ikat yang sejajar dengan  $A_s$ , dengan luas total  $A_h$  yang tidak kurang dari pada  $0,5 (A_s - A_n)$ , harus disebarakan secara merata dalam rentang batas dua pertiga dari tinggi efektif konsol, dan dipasang bersebelahan dengan  $A_s$ .

**7.7.1.10** Rasio  $\rho = A_s / bd$  tidak boleh diambil kurang dari pada  $0,04 (f_c' / f_y)$ .

**7.7.1.11** Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama As harus diangkurkan dengan salah satu cara berikut :

- Dengan las struktural pada suatu tulangan transversal yang diameternya minimal sama dengan diameter tulangan As, las harus direncanakan agar mampu mengembangkan kuat leleh  $f_y$  dari batang tulangan As.
- Dengan menekuk tulangan tarik utama As sebesar  $180^\circ$  hingga membentuk suatu loop horizontal atau;
- Dengan cara lain yang mampu memberikan pengangkurkan yang baik.

**7.7.1.12** Luas daerah penumpu beban pada konsol pendek tidak boleh melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama As, dan tidak pula melampaui muka dalam dari batangtulangan angkur universal (bila terpasang).



Gambar 7.2 letak balok yang ditinjau

Berdasarkan Output SAP2000, frame 468 akibat kombinasi  $1,2D + 1l + 1Ex + 0,3Ey$

$V_u$  = 24836,04 kg

Balok = 25/45

Bw = 250 mm

tp = 5 mm

h = 350 mm

d = h – tebal plat landas –  $\frac{1}{2}$

$$\begin{aligned}
 &= \text{diameter tulangan} \\
 &= 350 - 5 - \frac{1}{2} (19) \\
 &= 335 \text{ mm} \\
 F_c' &= 30 \text{ Mpa} \\
 F_y &= 400 \text{ Mpa} \\
 a &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.9.1

- $a/d < V_u$   
 $250/335 = 0,714 < 1 \dots\dots\dots \text{OK}$
- $N_{uc} < V_u$   
 $N_{uc} = 0.2 \times 248360,4$   
 $= 49672,08 \text{ N} < 248360,4 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$
- $V_n = V_u/\phi$   
 $= 248360,4/0,75$   
 $= 331147 \text{ N}$
- $0,2 f_c' b_w d > V_n$   
 $443250 \text{ N} > 331147 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$
- $5,5 b_w d > V_n$   
 $406312,5 \text{ N} > 331147 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$

**a. Perhitungan luas tulangan geser friksi**

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \quad (\text{SNI 03-2847-2002}) \\
 &= \frac{331147}{400 \times 1,4} \\
 &= 591,334 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**b. Perhitungan tulangan untuk mmenahan momen**

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \cdot a + N_{uc} (h-d) \\
 &= 248360,4 \times 150 + 49672,08 (320-295,5) \\
 &= 38471025,96 \text{ Nmm} \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_m &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} \\ &= \frac{\sqrt{30}}{4 \times 400} \\ &= 0,00342\end{aligned}$$

Di pakai  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,68\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{Mu}{0,8 \times b_w \times d^2} \\ &= \frac{38471025,96}{0,8 \times 400 \times 295,5^2} \\ &= 2,202\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,68} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 2,202}{400}} \right) \\ &= 0,0057\end{aligned}$$

Maka  $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,0057$

$$\begin{aligned}Af_1 &= \frac{Mu}{0,85 \times 0,8 \times 400 \times d} \\ &= \frac{38471025,96}{0,85 \times 0,8 \times 400 \times 295,5} \\ &= 478,638 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Af_2 &= \rho \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,0035 \times 250 \times 295,5 \\ &= 426,120 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

### c. Perhitungan tulangan untuk menahan gaya normal Nuc

$$\begin{aligned}A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi f_y} \\ &= \frac{49672,08}{0,8 \times 400} \\ &= 155,225 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**d. Perhitungan tulangan pokok As**

$$\begin{aligned} As1 &= (Af + An) \\ &= 478,638 \text{ mm}^2 + 155,225 \text{ mm}^2 \\ &= 633,863 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As2 &= 2 \cdot \frac{Avf}{3} + An \\ &= 2 \cdot \frac{478,638}{3} + 155,225 \text{ mm}^2 \\ &= 474,317 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As \text{ min} &= 0,04 \cdot \frac{f'c'}{fy} \cdot bw \cdot d \\ &= 0,04 \times \frac{30}{400} \times 250 \times 335 \\ &= 221,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Di pakai tulangan 3D19 ( $As = 851 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} Ah &= 0,5 (As - An) \\ &= 0,5 (633,863 - 155,225) \\ &= 239,319 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ah &= \frac{1}{3} Avf + An \\ &= \frac{1}{3} 591,334 + 155,225 \\ &= 197,111 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3D12 ( $As=340 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} Vc &= \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} bw d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 335 \\ &= 67438,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat perencanaan tulangan geser

$$\begin{aligned} Vs \text{ min} &= \frac{1}{3} \times bw \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 250 \times 335 \\ &= 24625 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu &< 0,5 \cdot \emptyset \cdot Vc \\ 248360,4 &< 0,5 \cdot 0,75 \cdot 67438,3 \\ 248360,4 &< 25289,377 \text{ ..... (tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{llll}
0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c & < & V_u & < & \emptyset \cdot V_c \\
25289,377 & < & 248360,4 & < & 0,75 \cdot 67438,3 \\
25289,377 & < & 248360,4 & < & 50578,75 \\
& & & & \text{(tidak memenuhi)} \\
\emptyset \cdot V_c & < & V_u & < & \emptyset \cdot (V_c + V_s \text{ min}) \\
50578,75 & < & 248360,4 & < & 0,75 \cdot (67438,3 + 24625) \\
50578,75 & < & 248360,4 & < & 69047,505 \\
& & & & \text{(tidak memenuhi)} \\
\emptyset \cdot (V_c + V_s \text{ min}) & < & V_u & < & \emptyset \cdot (V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d) \\
69047,505 & < & 248360,4 & < & 0,75 \cdot (67438,3 + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 335) \\
69047,505 & < & 248360,4 & < & 151736,265 \\
& & & & \text{(tidak memenuhi)} \\
\emptyset \cdot (V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d) & < & V_u & < & \\
\emptyset \cdot (V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d) & < & & & \\
151736,265 & < & 248360,4 & < & 0,75 \cdot (67438,3 + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 335) \\
151736,265 & < & 248360,4 & < & 252893,77 \\
& & & & \text{(memenuhi)}
\end{array}$$

$$\begin{aligned}
V_s \text{ perlu} &= V_u - (\emptyset \cdot V_c) \\
&= 248360,4 - (0,75 \times 67428,3) \\
&= 197781,6 \text{ N}
\end{aligned}$$

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki

$$\begin{aligned}
A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
&= 157 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$\begin{aligned}
S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\
&= \frac{157 \cdot 400 \cdot 335}{197781,6} \\
&= 93,83 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan kriteria persyaratan no. 5

$$S_{maks} < \frac{d}{4} \text{ dan } S_{maks} < 300 \text{ mm}$$

$$S = 93,83 < \frac{295,5}{4} = 73,875 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{tidak memenuhi})$$

$$S = 93,83 < 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{memenuhi})$$

dipakai sengkang Ø10-50 mm

$$\text{dipasang sepanjang } 2/3 d = 2/3 \cdot 295,5 = 197 \text{ mm}$$

#### e. Menentukan luas pelat landasan

$$V_u = \emptyset \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_I$$

$$\begin{aligned} A_I &= \frac{V_u}{\emptyset \cdot 0,85 \cdot 30} \\ &= \frac{248360,4}{0,75 \cdot 0,85 \cdot 30} \\ &= 12986,165 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai pelat landasan 250 x 250 (tebal 5 mm)

### 7.7.2 Perhitungan Balok Kolom

Sistem sambungan antar balok dengan kolom pada perencanaan ini memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke atas.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi tarik dan kondisi tekan.

$$D_b = 19 \text{ mm}$$

(dari perhitungan lentur balok)

$$A_s \text{ perlu} = 1861,29 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 2267,08 \text{ mm}^2$$

#### 7.7.2.1 Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 14.3

$$\lambda d = \lambda d_b \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pasang}}}$$

$$\lambda_d > 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{db} &> 0,04 \times db \times f_y \\ &= 0,04 \times 19 \times 400 \\ &= 304 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{db} &> \frac{db \times f_y}{4 \times \sqrt{f'c}} \\ &= \frac{19 \times 400}{4 \times \sqrt{30}} \\ &= 346,89 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_d &= 346,89 \times \frac{1861,29}{2267,08} \\ &= 284,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipakai  $\lambda_d = 284,8 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

**7.7.2.2** Panjang penyaluran kait standart dalam tarik sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 14.5)

$$\lambda_{dh} = \lambda_{hb} \frac{f_y}{400}$$

$$\lambda_{dh} > 8 \text{ db}$$

$$\lambda_{dh} > 4 \text{ db}$$

$$\lambda_{dh} > 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{hb} &= 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c}} \\ &= 100 \times \frac{19}{\sqrt{30}} \\ &= 346,89 \text{ mm}\end{aligned}$$

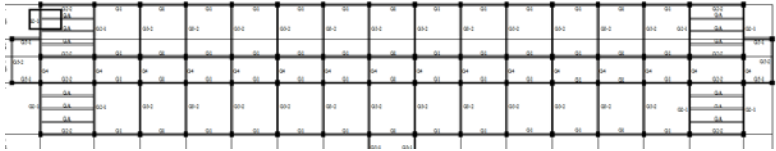
$$\begin{aligned}\lambda_{dh} &= 346,89 \frac{400}{400} \\ &= 346,89 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi dipakai  $\lambda_{dh} = 346,89 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$



### 7.7.3 Perencanaan Balok Induk dengan Balok Anak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dengan balok anak digunakan sambungan dengan konsol pendek. Balok anak diletakkan pada konsol yang berada pada balok induk yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan.



Gambar 7.3 Letak Balok anak dan Balok Induk yang ditinjau

Berdasarkan Output SAP2000, frame 1036 akibat kombinasi 1,2D + 1L + 1Ex + 0,3Ey

$$V_u = 39284,8 \text{ N}$$

$$\text{Balok Anak} = 20/30$$

$$B_w = 200 \text{ mm}$$

$$T_p = 5 \text{ mm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{tebal plat landas} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan}$$

$$= 150 - 5 - \frac{1}{2} (19)$$

$$= 137$$

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$a = 200 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.9.1

- $a / d < 1$
- $137/200 < 1$
- $0.738 < 1 \dots\dots\dots \text{OK}$

- $N_{uc} < V_u$
- $N_{uc} = 0,2 \times 39284,8 \text{ N}$
- $= 7856,96 \text{ N}$
- $7856,96 \text{ N} < 39284,8 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$
- $V_n = \frac{V_u}{\phi}$
- $= \frac{39284,8}{0,75}$
- $= 52379,7 \text{ N}$
- $0,2 \times f_c' \times b_w \times d > V_n$
- $0,2 \times 30 \times 200 \times 145,5 > 52379,7 \text{ N}$
- $1746000 \text{ N} > 52379,7 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$
- $5,5 \times b_w \times d > V_n$
- $5,5 \times 200 \times 145,5 > 52379,7 \text{ N}$
- $160050 \text{ N} > 52379,7 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$

#### 7.7.3.1 Perhitungan luas tulangan geser friksi

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \pi} \quad (\text{SNI 03-2847-2002}) \\
 &= \frac{52379,7}{400 \times \pi} \\
 &= 93,535 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

#### 7.7.3.2 Perhitungan tulangan untuk menahan momen

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \cdot a + N_{uc} (h-d) \\
 &= 39284,8 \times 100 + 7856,96 (170-145,5) \\
 &= 4120975,52 \text{ Nmm} \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_m &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} \\
 &= \frac{\sqrt{30}}{4 \times 400} \\
 &= 0,00342 \\
 \text{Maka dipakai } \rho_{\min} &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686 \\
 R_n &= \frac{Mu}{0,8 \times 200 \times d^2} \\
 &= \frac{4120975,52}{0,8 \times 200 \times 145,4^2} \\
 &= 1,2166 \\
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,68} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 1,216}{400}} \right) \\
 &= 0,00311 \\
 Af1 &= \frac{Mu}{0,85 \phi f_y d} \\
 &= \frac{4120975,52}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 145,5} \\
 &= 104,128 \text{ mm}^2 \\
 Af2 &= \rho \times b_w \times d \\
 &= 0,0035 \times 200 \times 145,5 \\
 &= 101,85 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Dipakai tulangan 2D12 (As = 228 mm}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

### 7.7.3.3 Perhitungan tulangan untuk menahan gaya normal Nuc

$$\begin{aligned}
 An &= \frac{Nuc}{\phi f_y} \\
 &= \frac{7856,96}{0,75 \times 400} \\
 &= 24,553 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### 7.7.3.4 Perhitungan tulangan pokok As

$$\begin{aligned}
 As1 &= (Af + An) \\
 &= 104,128 + 24,553 \\
 &= 128,681 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s2} &= 2 \frac{A_v f}{3} + A_n \\
 &= 2 \frac{104,128}{3} + 24,553 \\
 &= 93,9718 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 0,04 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times b \times d \\
 &= 0,04 \times \frac{30}{400} \times 200 \times 145,5 \\
 &= 87,3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3D19 ( $A_s = 851 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned}
 A_h &= 0,5 (A_s - A_n) \\
 &= 0,5 (128,681 - 24,553) \\
 &= 52,0641 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} b_w d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 145,5 \\
 &= 26564,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat perencanaan tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min}} &= \frac{1}{3} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 200 \times 145,5 \\
 &= 9700 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &< 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \\
 39284,8 &< 0,5 \cdot 0,75 \cdot 26564,5 \\
 39284,8 &< 9961,704 \text{ ..... (tidak memenuhi)} \\
 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c &< V_u < \emptyset \cdot V_c \\
 9961,704 &< 39284,8 < 0,75 \cdot 26564,5 \\
 9961,704 &< 39284,8 < 19923,408 \text{ ..... (tidak memenuhi)} \\
 \emptyset \cdot V_c &< V_u < \emptyset \cdot (V_c + V_{s \text{ min}}) \\
 19923,408 &< 39284,8 < 0,75 \cdot (26564,5 + 9700) \\
 19923,408 &< 39284,8 < 27198,408 \\
 &&& \text{(tidak memenuhi)} \\
 \emptyset \cdot (V_c + V_{s \text{ min}}) &< V_u < \emptyset \cdot (V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b_w \cdot d)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 27198,408 &< 39284,8 < 0,75 \cdot (26564,5 + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \\
 &\cdot 200 \cdot 145,5) \\
 27198,408 &< 39284,8 < 59770,224 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ perlu} &= V_u - \phi V_c \\
 &= 39284,8 - 0,75 \times 26564,5 \\
 &= 19361,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki

$$\begin{aligned}
 A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
 &= 157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\
 &= \frac{157 \cdot 400 \cdot 145,5}{26564,5} \\
 &= 471,931 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan kriteria persyaratan no. 4

$$S_{maks} < \frac{d}{4} \text{ dan } S_{maks} < 300 \text{ mm}$$

$$S = 471,931 < \frac{145,5}{4} = 72,75 \text{ mm (tidak memenuhi)}$$

$$S = 471,939 < 600 \text{ mm ..... (memenuhi)}$$

dipakai sengkang Ø10-50 mm

$$\text{dipasang sepanjang } 2/3 d = 2/3 \cdot 145,5 = \text{ mm}$$

### 7.7.3.5 Menentukan luas pelat landasan

$$V_u = \phi \cdot 0.85 \cdot f_c' \cdot A_I$$

$$A_I = \frac{V_u}{\phi \cdot 0.85 \cdot 30}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{39284,8}{0,75 \cdot 0,85 \cdot 30} \\
 &= 2054,107 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai pelat landasan 250 x 250 (tebal 5 mm)

#### 7.7.4 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Db = 19 mm (dari perhitungan lentur balok 20/30)

Asperlu = 863,65 mm<sup>2</sup>

Aspasang = 1140,39 mm<sup>2</sup>

##### 7.7.4.1 Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 14.3

$$\begin{aligned}
 \lambda d &= \lambda db \frac{Asperlu}{Aspasang} \\
 \lambda d &> 200 \text{ mm} \\
 \lambda db &> 0,04 \times db \times fy \\
 &= 0,04 \times 19 \times 400 \\
 &= 304 \text{ mm} \\
 \lambda db &> \frac{db \times fy}{4 \times \sqrt{f'c}} \\
 &= \frac{19 \times 400}{4 \times \sqrt{30}} \\
 &= 346,89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda d &= 346,89 \times \frac{1861,29}{2267,08} \\
 &= 284,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai  $\lambda d = 284,8 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

##### 7.7.4.1 Panjang penyaluran kait standart dalam tarik sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 14.5)

$$\begin{aligned}
 \lambda dh &= \lambda hb \frac{fy}{400} \\
 \lambda dh &> 8 db
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{dh} &> 4 \text{ db} \\
 \lambda_{dh} &> 150 \text{ mm} \\
 \lambda_{hb} &= 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c'}} \\
 &= 100 \times \frac{19}{\sqrt{30}} \\
 &= 346,89 \text{ mm} \\
 \lambda_{dh} &= 346,89 \frac{400}{400} \\
 &= 346,89 \text{ mm} \\
 \text{Jadi dipakai } \lambda_{dh} &= 346,89 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 7.7.5 Sambungan Balok dengan Pelat

Untuk memperkuat sambungan pelat dan balok, maka pada bagian tepi pelat akan diberikan lebihan tulangan (panjang penyaluran) yang nantinya akan di cor bersamaan dengan pengecoran topping.

Panjang penyaluran bias dipasang pada satu arah maupun dua arah tergantung bagaimana pelat direncanakan. Jika direncanakan dua arah maka panjang penyaluran akan dipasang dua arah. Jika pelat sebagai satu arah maka panjang penyaluran hanya dipasang satu arah saja.

$$\begin{aligned}
 D_b &= 12 \text{ mm} \\
 \text{Arah X : } \quad \text{Asperlu} &= 329 \text{ mm}^2 \\
 &\quad \text{Aspasang} = 565 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Penyaluran Arah X

1. Tarik

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{l_d}{d_b} &= \frac{12 \cdot f_y \cdot \lambda \cdot \alpha \beta}{25 \cdot \sqrt{f'c'}} \\
 l_d &= \frac{12 \times 400 \times 1,3 \times 1 \times 1 \times 12}{25 \cdot \sqrt{30}}
 \end{aligned}$$

$$= 546,846 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

## 2. Tekan

$$l_d = l_{db} \frac{A_{sperlu}}{A_{spasang}}$$

$$l_d > 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{db} &> 0,04 \cdot d_b \cdot f_y \\ &= 0,04 \times 12 \times 400 \\ &= 192 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{db} &> \frac{d_b \times f_y}{4 \sqrt{f'c}} \\ &= \frac{12 \times 400}{4 \times \sqrt{30}} \end{aligned}$$

$$= 219,089 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_d &= 219,089 \frac{A_{sperlu}}{A_{spasang}} \\ &= 219,089 \frac{329}{565} \end{aligned}$$

Maka dipakai  $l_d = 200 \text{ mm}$

### 7.7.6 Tegangan geser pada pelat baja dan las

$$\begin{aligned} V_n \text{ pelat penuh} &= 1/6 \times \sqrt{f'c} \times b \times t \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 12986,164 \times 130 \\ &= 1541109,991 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n \text{ overtopping} &= 1/6 \times \sqrt{f'c} \times b \times t \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 12986,164 \times 50 \\ &= 592734,612 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n \text{ pelat baja} &= V_n \text{ pelat penuh} - V_n \text{ overtopping} \\ &= 1541109,991 - 592734,612 \\ &= 948375,379 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_n \text{ pelat baja}}{2} \\ &= \frac{948375,379}{2} \\ &= 474187,68 \text{ N} \end{aligned}$$



### 7.7.7 Perencanaan Pelat Penyambung antar Panel Pelat

Menghitung Gaya geser pada beton

Berat Sendiri (qD) :

$$\text{Pelat} = 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,1\text{m} \times 4,45\text{m} = 288 \text{ kg}$$

$$\text{Spesi} = 2\text{cm} \times 21 \text{ kg} = 42 \text{ kg}$$

$$\text{Tegel} = 1\text{cm} \times 22 \text{ kg} = 22 \text{ kg}$$

---


$$= 1475 \text{ kg}$$

Beban Hidup (qL) :

$$250 \text{ kg/m}^2 \times 1,1\text{m} \times 4,45\text{m} = 1224 \text{ kg}$$

$V_u = 1,2D + 1,6L$  :

$$1,2 \cdot 1475 \text{ kg} + 1,6 \cdot 1224 \text{ kg} = 3728,4 \text{ kg}$$

$$= 37284 \text{ N}$$

Direncanakan dimensi panel plat penyambung

$$L = 40\text{mm}, P = 150 \text{ mm}, t = 4 \text{ mm}$$

d = tebal pelat beton

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 1/6 \times \sqrt{30} \times 150\text{mm} \times 120\text{mm}$$

$$= 16431 \text{ N} = 1643,1 \text{ kg}$$

$$V_u / V_c = 3728,4 \text{ kg} / 1643,1 \text{ kg}$$

$$= 2,269 \text{ buah}, \text{ pasang } 4 \text{ buah}$$

Menghitung gaya geser pada panel plat penyambung

Dipakai BJ 37, Las E70xx (490 Mpa)

a = tebal las

$$t_e = 0,707 \times a$$

$$= 0,707 \times 4 = 2,828$$

Menghitung kuat rencana las tumpul

$$\phi \cdot R_w = 0,90 \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_y) \quad (\text{bahan dasar})$$

$$= 0,90 \cdot 2,828 \cdot (0,60 \cdot 240 \text{ Mpa})$$

$$= 366,509 \text{ N/mm} \quad (\text{menentukan})$$

$$\phi \cdot R_w = 0,80 \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_u) \quad (\text{las})$$

$$= 0,80 \cdot 2,82 \cdot (0,60 \cdot 490 \text{ Mpa})$$

$$= 665,146 \text{ Nmm}$$

$$\diamond = 366,509 \text{ N/mm} \times \text{panjang las}$$

$$= 366,509 \text{ N/mm} \times 150\text{mm}$$

$$= 54976,4 \text{ N}$$

Kuat rencana panel penyambung plat <  $V_u$  beton

$$54976,4 \text{ N} < 37284 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002 :

Direncanakan  $\emptyset$  8

$$= 100 \cdot d_b / \sqrt{f_c'}$$

$$= 100 \cdot 8 / \sqrt{30}$$

$$= 146 \text{ mm} \quad \text{Dipasang } l_d = 150 \text{ mm}$$

### 7.7.8 Perencanaan tebal Las

$$\text{Las E70} = (1 \text{ KSI} = 6,985 \text{ Mpa})$$

$$C_w = 35 \text{ KSI} = 241,325 \text{ Mpa}$$

$$\tau_w = 21 \text{ KSI} = 144,795 \text{ Mpa}$$

$$\frac{1}{2} V_n \text{ pelat} = t \text{ las} \times L \times \tau_w$$

$$\frac{1}{2} 37284 \text{ N} = t \text{ las} \times 150 \times 144,795$$

$$t \text{ las} = 0,8584 \text{ mm}$$

Dipakai tebal las 4 mm

### 7.7.9 Perencanaan Reinforced Concrete Bearing

Perencanaan penulangan ujung balok induk berdasarkan buku PCI Design Handbook Section 6.9 yaitu tentang Concrete Brackets and Corbel. Karena dihitung dengan PCI maka satuan yang dipakai adalah :

- lb atau kips untuk satuan gaya
- ln untuk besaran panjang
- psi untuk  $f_c'$
- ksi untuk  $f_y$

Hal ini dikarenakan berkaitan dengan koefisien-koefisien yang akan dipakai. Menurut SNI 03-2847-2002, *Bearing strenghton plain concrete* adalah :

$$\emptyset V_n = \emptyset \cdot C_r (0,85 \cdot f_c' \cdot A_s) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$\emptyset V_n = 2 \cdot f_c' \cdot A_l$$

$$\emptyset = 0,7$$

- $Cr = \frac{S_w \frac{Nu}{Vu}}{200} = 1$  bila tidak ada goyangan horizontal  
 A1 = luas permukaan beton yang mendukung beton  
 A2 = luas proyeksi permukaan A1

Batas searing strength adalah  $\phi V_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b_w$  jika  $V_u > \phi V_n$  hasil bearing strength on plain concrete maka perlu tulangan end bearing. Penulangan end bearing berdasarkan analisa geser friksi. Prosedur yang digunakan PCI adalah sebagai berikut :

- 7.7.9.1** Diasumsikan sudut retak adalah vertical  $\theta = 0^\circ$
- 7.7.9.2** Hitungan tulangan horizontal :
- $$A_t = A_{vf} + A_n = \frac{V_u}{\phi \cdot f_y \cdot \mu} + \frac{Nu}{\phi \cdot f_y}$$
- 7.7.9.3** Sudut penanaman adalah  $15^\circ$  seperti yang disarankan refrensi.
- 7.7.9.4** Nilai  $\mu = 1,4\lambda = 1,4 \times 1 = 1,4$
- 7.7.9.5** Hitung tulangan sengkang:
- $$A_{sh} = \frac{(A_{vf} + A_n) f_y}{\mu e \cdot f_{ys}}$$
- Dimana  $\mu e = \frac{1000 \cdot 2 \cdot A_{cr} \cdot \mu}{(A_{vf} + A_n) f_y}$
- $A_{cr} = \lambda d \cdot b$
- Dimana :
- $b$  = lebar balok
- $\lambda d$  = panjang penanaman
- $f_{ys}$  = mutu baja sengkang  $A_{sh}$
- 7.7.9.6** Nilai maksimum  $V_n$  di PCI Design Handbook tabel 6.7.1 untuk beton cor monolit
- $$1000 \cdot \lambda^2 \cdot A_{cr} \cdot \mu_{recomended} = 1,0, \lambda \cdot \mu e \max = 3,4$$
- $$V_u = 248360,4 \text{ N} = 55,713 \text{ kips}$$
- $$N_u = 0,2 \times V_u = 0,2 \times 55,713 \text{ kips} = 11,142 \text{ kips}$$
- $$f_y = 400 \text{ Mpa} = 57970 \text{ Psi}$$
- $$f_c' = 30 \text{ Mpa} = 4347,75 \text{ Psi}$$

$$f_{ys} = 240 \text{ Mpa} = 34782 \text{ Psi}$$

Dimensi balok sebelum komposit 25/45

$$h = 45 \text{ mm} = 1,72 \text{ in}$$

$$\text{dipakai pelat landasan } b = 25 \text{ mm} = 9,84 \text{ in}$$

$$w = 25 \text{ mm} = 9,84 \text{ in}$$

$$A_{cr} = b \times h = 9,84 \times 17,72 = 174,375 \text{ in}$$

Cek :  $M_n$  maximum dari PCI Design Handbook tabel 6.7.1

$$1000 \cdot \lambda^2 \cdot A_{cr} = 1000 \times 1^2 \times 174,375 \\ = 174,375 \text{ kips}$$

$$\text{Max } V_n = 0,85 \times 174,375 \times 105 \text{ kips} \\ = 15562,99 > V_u = 55,714$$

OK

$$\mu_e = \frac{1000 \lambda x A_{cr} x \mu}{V_u} \\ = \frac{1000 \times 1 \times 174,375 \times 1,4}{55,713 \times 1000} \\ = 4,3817 \text{ kips} < 55,713 \text{ kips}$$

Dipakai  $V_n = 4,3817 \text{ kips}$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{\phi \cdot f_y \cdot \mu_e} \\ = \frac{4,3817 \times 1000}{0,8 \times 400 \times 4,3817} \\ = 0,0215 \text{ in}^2$$

$$A_n = \frac{N_u}{\phi \cdot f_y} \\ = \frac{11,1427}{0,8 \times 400} \\ = 0,2402 \text{ in}^2$$

$$A_{vf} + A_n = 0,0215 \text{ in}^2 + 0,2402 \text{ in}^2 \\ = 0,2618 \text{ in}^2 = 168,923 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 2Ø10 ( $A_s = 226 \text{ mm}^2$ )

Pasang  $\lambda_d$  sesuai dengan tabel 11.2.8 (PCI Design Handbook)

$$\text{Untuk : } \lambda_a = \lambda_b = 1$$

$$\lambda_c = 1,3$$

$$\lambda_d = 1$$

$$\lambda_{db} = 9,5$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= 1861,29 \text{ mm}^2 = 0,7328 \text{ in}^2 \\ \text{As pasang} &= 2267,08 \text{ mm}^2 = 0,89255 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_e &= \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{pasang}}} \\ &= \frac{0,7328}{0,8925} \\ &= 0,821 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{mt} &= 1,18 \frac{f_y}{\sqrt{f'_{c'}}} \\ &= 1,18 \frac{400}{\sqrt{30}} \\ &= 15,733 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_d &= \lambda_a + \lambda_b + \lambda_c + \lambda_d + \lambda_e + \lambda_{mt} \\ &= 1 + 1 + 1,3 + 1 + 0,821 + 15,733 \\ &= 20,854 \text{ in} > 12 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka dipakai  $l_d = 12 \text{ in} = 30,48 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} A_{cr} &= l_d \times b \\ &= 35 \times 25 \\ &= 875 \text{ cm}^2 = 87500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_e &= \frac{1000 \cdot \lambda \cdot A_{cr} \cdot \mu}{(A_v f + A_n) f_y} \\ &= \frac{1000 \times 1 \times 174,375 \times 1,4}{0,2618 \times 57970} \\ &= 16,083 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{(A_v f + A_n) f_y}{\mu_e f_{ys}} \\ &= \frac{0,2618 \times 57970}{16,084 \times 34782} \\ &= 0,02713 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka dipakai } 3\emptyset 10 \text{ (As} &= 236 \text{ mm}^2) &= 0,3658 \\ \text{in}^2 \end{aligned}$$

## BAB VIII PONDASI

Pondasi merupakan bagian dari suatu struktur bangunan yang dikategorikan sebagai stuktur bangunan bawah. Pondasi yang digunakan dalam suatu bangunan sangatlah beragam. Beberapa diantaranya adalah pondasi telapak, pondasi tiang, pondasi sumuran dan masih banyak lagi. Hal itu disesuaikan dengan kebutuhan dari jenis bangunan dan kondisi serta struktur tanahnya dimana nantinya akan didirikan bangunan di atas pondasi tersebut.

Fungsi utama pondasi adalah menerima beban atau gaya total dari suatu bangunan dimulai dari ujung atas bangunan hingga ujung bawah bangunan hingga sampailah gaya tersebut pada pondasi yang nantinya oleh pondasi akan diterima dan disalurkan ke dalam tanah kembali. Dalam perencanaan suatu pondasi yang baik tidak hanya pondasi harus kuat dan aman namun harus di tinjau dari segi efisien dan memungkinkan pelaksanaannya di lapangan.

### 8.1 Perencanaan Pondasi

#### 8.1.1 Data Perencanaan :

- Kedalaman tiang pancang = 8 m
- Diameter tiang pancang = 35 cm
- Keliling tiang pancang =  $\pi \cdot d$   
(Kel<sub>tp</sub>) =  $\pi \cdot 35 \text{ cm}$   
= 109,9 cm
- Luas tiang pancang (A<sub>tp</sub>) =  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$   
=  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (35 \text{ cm})^2$   
= 961,625 cm<sup>2</sup>
- Tebal selimut beton = 75 mm  
(SNI 03-2847-2002 Pasal 9.7.1.a)
- Mutu beton (fc') = -Poer = 30 MPa
- Mutu baja = -Poer = 400 MPa

### 8.1.2 Perhitungan Daya Dukung Ijin (Pijin)

Daya dukung ijin pondasi yang dihitung dari data sondir, diperoleh nilai konus dan dalam perhitungannya menggunakan *Metode Mayerhoff*. Faktor keamanan  $SF_1 = 3$  dan  $SF_2 = 5$ . Dari data sondir kedalaman 10 m maka nilai konus rata – rata diambil pada kedalaman :

- 4D di atas pile (tiang pancang) sampai dengan
- 4D di bawah pile (tiang pancang)

Tabel 8.1 rata-rata konus sondir ( $\text{kg/cm}^2$ )

No	Kedalaman (m)	Nilai konus ( $\text{kg/cm}^2$ )	JHP ( $\text{kg/cm}$ )
1	6,6	80	525,767
2	6,8	40	564,144
3	7	80	615,314
4	7,2	100	653,691
5	7,4	80	711,257
6	7,6	110	749,634
7	7,8	100	807,2
<b>8</b>	<b>8</b>	<b>125</b>	<b>845,577</b>
9	8,2	110	890,35
10	8,4	125	922,331
11	8,6	140	967,104
12	8,8	125	1011,878
13	9	150	1043,859
14	9,2	150	1075,84
15	9,4	175	1101,424
Rata-rata konus		<b>112,6667</b>	<b>832,58</b>

### 8.1.3 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tunggal

$$\begin{aligned}\bar{P}_t &= \frac{A_{tp} \times C_n}{SF_1} + \frac{Kel_{tp} \times JHP}{SF_2} \\ \bar{P}_t &= \frac{706,86 \text{ cm}^2 \times 112,667 \text{ kg/cm}^2}{3} + \frac{94,24 \text{ cm} \times 832,58 \text{ kg/cm}}{5} \\ \bar{P}_t &= 54409,5899 \text{ kg} \\ \bar{P}_t &= 54,4095 \text{ ton}\end{aligned}$$

Sedangkan kekuatan bahan berdasarkan data tiang pancang milik **PT. Jaya Beton Karyamandiri** untuk diameter 35 cm (tipe C), diperoleh :

$$\bar{P}_b = 90 \text{ ton}$$

$$P_{\text{bahan}} = 90 \text{ ton} > P_{\text{ijin tanah}} = 54,4095 \text{ ton}$$

(memenuhi)

### 8.1.4 Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang

#### 8.1.4.1 Diketahui output SAP joint 391 :

- Akibat beban tetap (1,0DL+1,0LL)

$$P = 46297,793 \text{ kgty}$$

- Akibat beban sementara (1,0DL+1,0LL+1,0EQx)

$$P = 87947,712 \text{ kg}$$

- Akibat beban sementara (1,0DL+1,0LL+1,0EQy)

$$P = 59079,391 \text{ kg}$$

$$\text{Maka diambil } P_{\text{max}} = 87947,712 \text{ kg}$$

#### 8.1.4.2 Perencanaan dimensi Poer :

- Perhitungan beban pondasi sebelum ditambahkan berat sendiri poer :

$$P_{\text{max}} (\Sigma P) = 87947,712 \text{ kg}$$



$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{87947,712 \text{ kg}}{54409,589 \text{ kg}} = 1,6164 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka direncanakan tiang pancang sebanyak 2 buah.

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam kelompok jarak antar tiang pancang (S) menurut buku karangan *Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa, Jilid 2* disebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (s) :

$$s \geq 2,5 D$$

$$s \geq 2,5 \times 35$$

$$s \geq 87,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $s = 90 \text{ cm}$

Sedangkan perhitungan jarak tiang pancang ke tepi poer (s') diperkirakan :

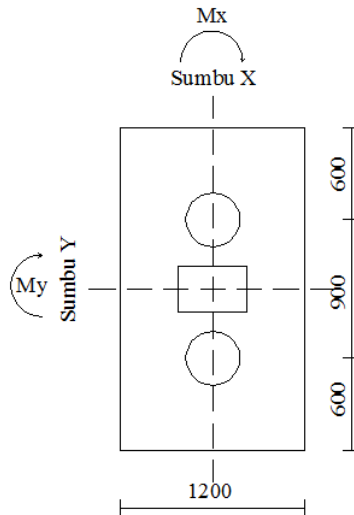
$$s' = 1,5 D$$

$$s' = 1,5 \times 35$$

$$s' = 52,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai  $s' = 60 \text{ cm}$

Dari perhitungan di atas dapat di simpulkan ukuran panjang dan lebar poer, dimana dimensi poer adalah :



Gambar 8.1 Penampang Poer

- Periksa ulang kebutuhan tiang pancang setelah ditemukan dimensi poer :

Perhitungan beban pondasi setelah ditambahkan berat sendiri poer dengan tebal poer di asumsikan 500mm :

$$P_{\max} = 87.947,712 \text{ kg}$$

$$\text{Berat poer } (1,2\text{m} \times 2,1\text{m} \times 0,5\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3)$$

$$= 3.024 \text{ kg} +$$

$$\Sigma P = 90.971,712 \text{ kg}$$

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{90971,712 \text{ kg}}{54409,589 \text{ kg}} = 1,6719 \text{ buah}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

Jadi, dibutuhkan 2 buah tiang pancang dengan dimensi penampang poer 210x120 cm.

### 8.1.5 Perhitungan Daya Dukung Pile Berdasarkan Efisiensi

Perhitungan daya dukung pile dalam kelompok haruslah mempertimbangkan nilai efisiensi sesuai dengan referensi buku Analisa dan Desain Pondasi jilid 2 karya Joseph E.Bowles pada halaman 279 :

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Dimana :

m = banyaknya kolom

n = banyaknya baris

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar As tiang pancang

$\theta$  = arc tg D/s

$$= \text{arc tg } 30/80 = 20,556$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= 1 - \theta \left( \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right) \\ &= 1 - 21,2505 \left( \frac{(2-1)1 + (1-1)2}{90 \cdot 1 \cdot 2} \right) \\ &= 0,8819 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin tanah}} &= 0,8819 \times P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 0,8819 \times 54409,589 \text{ kg} \\ &= 47.986,0844 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$P_{\text{ijin tanah}} = 47,986 \text{ ton} < P_{\text{ijin bahan}} = 90 \text{ ton} \quad (\text{memenuhi})$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin tanah total}} &= \text{jumlah tiang} \times P_{\text{ijin tanah}} \\ &= 2 \times 47.986,0844 \text{ kg} \\ &= 95.972,169 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$= 959.721,69 \text{ N}$$

Karena dimensi penampang poer dan tiang pancang sudah diperoleh semuanya maka dilakukan pengecekan akhir antara  $P_{\text{max}} \leq P_{\text{ijin tanah total}}$ .

Beban pondasi setelah ditambah berat sendiri tiang pancang dan poer :

$$\begin{aligned} L_1 \text{ tiang pancang} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,35 \text{ m})^2 \\ &= 0,09616 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_2 \text{ tiang pancang} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,06 \text{ m})^2 \\ &= 0,00332 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L \text{ tiang pancang} &= L_1 - L_2 \\ &= 0,09616 \text{ m}^2 - 0,00332 \text{ m}^2 \\ &= 0,09285 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= 87.947,712 \text{ kg} \\ \text{Berat sendiri poer}(1,2\text{m} \times 2,1\text{m} \times 0,5\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3) &= 3.024 \text{ kg} \\ \text{Berat sendiri tiang pancang } (0,0682 \text{ m}^2 \times 9 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^2) &= 1.782,6408 \text{ kg} + \\ P_u \text{ max} &= 92754,353 \text{ kg} \\ P_u \text{ max} &= 92,7543 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$P_u \text{ max} = 92,7453 \text{ ton} \leq P_{\text{ijin tanah total}} = 95,9721 \text{ ton} \quad (\text{memenuhi})$$

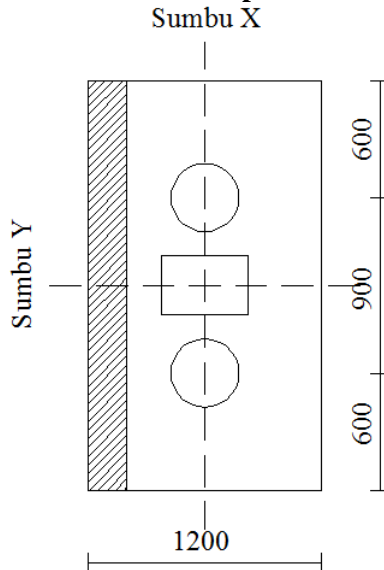
### 8.1.6 Perhitungan Tebal Pile Cap ( Poer )

Reaksi perlawanan tanah ( $q_t$ )

$$q_t = \frac{P_{\text{ijin tanah total}}}{\text{luas poer}} = \frac{959721,69 \text{ N}}{2100 \text{ mm} \times 1200 \text{ mm}} = 0,3808 \text{ N/mm}^2$$

Hitung  $d$  (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil nilai  $d$  terbesar di antara keduanya).

### 8.1.7 Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer



Gambar 8.2 Bidang Kritis Pons Satu Arah

- Beban Gaya Geser  $V_u$  (N)

$$\begin{aligned}
 A_t &= \frac{P_{\text{poer}} - b_{\text{kolom}} - 2d}{2} \times l_{\text{poer}} \\
 &= \frac{2100 \text{ mm} - 350 \text{ mm} - 2d}{2} \times 1200 \text{ mm} \\
 &= (875 - d) \text{ mm} \times 1200 \text{ mm} \\
 &= 787.500 \text{ mm}^2 - 1200d \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}
 V_u &= q_t \times A_t \\
 &= 0,5077 \text{ N/mm}^2 \times (787.500 \text{ mm}^2 - 1200d \text{ mm}^2)
 \end{aligned}$$

$$= 399.813,75 \text{ N} - 609,24d \text{ N}$$

- Gaya Geser yang mampu dipikul oleh beton  $V_c$  (N)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 13.8.6)

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$399.813,75 - 609,24d \leq 0,75 \times \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 2100 \cdot d$$

d

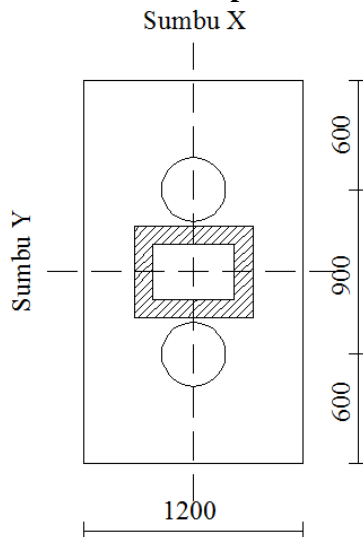
$$399.813,75 - 609,24d \leq 1437,8d$$

$$399.813,75 \leq 1437,8d + 609,24d$$

$$399.813,75 \leq 2047,04d$$

$$d \leq 195,31 \text{ mm}$$

### 8.1.8 Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer



Gambar 8.3 Bidang Kritis Pons Dua Arah

Berdasarkan **SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (a), (b), dan (c)**, untuk perencanaan pelat atau fondasi telapak aksi dua arah, untuk beton non-prategang, maka  $V_c$  harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai  $V_c$  terkecil.

$$\rightarrow V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Dimana :

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = 450/300 = 1,5$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis

$$= (2 \times (450+300)) + 4d$$

$$= 1500 + 4d$$

$$\rightarrow V_c = \left[ \frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12}$$

Dimana :

$\alpha_s = 40$  untuk kolom dalam

$$\rightarrow V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Beban Gaya Geser  $V_u$  (N)

$$\begin{aligned} V_u &= q_t \times (A_{poer} - A_{ponds}) \\ &= 0,5077 \times ((2100 \times 1200) - ((450+d) \times (300+d))) \\ &= 0,5077 \times (1750000 + 1200d + d^2) \\ &= 888615 + 457d + 0,5077d^2 \end{aligned}$$

Persamaan 1

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (a))

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{1,5}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times (1500 + 4d) \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,7513 \times (1500 + 4d) \times d \\
 &= 2,7513 \times (1500d + 4d^2) \\
 &= 3767,25 d + 10,046 d^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$888615 + 457 d + 0,5077 d^2 \leq 0,75 (3767,25 d + 10,046 d^2)$$

$$\begin{aligned}
 888615 + 457 d + 0,5077 d^2 &\leq 2825,43d + 7,5345 d^2 \\
 0 &\leq 7,0268 d^2 + 2368,5 d - 888615
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-2368,5 \pm \sqrt{(2368,5)^2 - (4 \cdot 7,026 \cdot (-888615))}}{2 \cdot 7,026}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-2368,5 \text{ mm} + \sqrt{(2368,5 \text{ mm})^2 - (4 \cdot 7,026 \cdot (-888615 \text{ mm}))}}{2 \cdot 7,026 \text{ mm}} \\
 &= 225,004 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-2368,5 \text{ mm} - \sqrt{(2368,5 \text{ mm})^2 - (4 \cdot 7,026 \text{ mm} \cdot (-888615 \text{ mm}))}}{2 \cdot 7,026 \text{ mm}} \\
 &= -562,099 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :  $d_1 = 225,004 \text{ mm}$

### Persamaan 2

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \left( \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12} \right) \\
 &\quad (\text{SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (b)}) \\
 V_c &= \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} + \frac{2b_o}{b_o} \right) \left( \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12} \right)
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 V_c &= \left( \frac{\alpha_s \times (d + 2b_o)}{b_o} \right) \cdot \left( \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12} \right) \\
 V_c &= \left( \frac{(\alpha_s \times (d + 2b_o)) \times \sqrt{f_c'} \times d}{12} \right) \\
 V_c &= \left( \frac{40 \times (d + 2(1500 + 4d)) \times \sqrt{30} \times d}{12} \right) \\
 V_c &= \left( \frac{40 \times (3000 + 9d) \times \sqrt{30} \times d}{12} \right) \\
 V_c &= \left( \frac{(120000 + 360 d) \times 5,477d}{12} \right) \\
 V_c &= \left( \frac{657267 d + 1971,72d^2}{12} \right) \\
 &= 164,31 d^2 + 54772,25 d
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$888615 + 457 d + 0,457 d^2 \leq 0,457 (54772,25 d + 164,31 d^2)$$

$$888615 + 457 d + 0,457 d^2 \leq 41079,18d + 123,23 d^2$$

$$0 \leq 122,72 d^2 + 40622 d - 888615$$

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 d_{12} &= \frac{-4022,17 \pm \sqrt{(4022,17)^2 - (4 \cdot 122,72 \cdot (-888615))}}{2 \cdot 122,72}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-4022,17 + \sqrt{(4022,17)^2 - (4 \cdot 122,72 \cdot (-888615))}}{2 \cdot 122,72} \\
 &= 70,27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-4022,17 - \sqrt{(4022,17)^2 - (4 \cdot 122,72 \cdot (-888615))}}{2 \cdot 122,72} \\
 &= -102,045
 \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :  $d_1 = 70,27 \text{ mm}$

### Persamaan 3

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

(SNI 03-2847-2002, Pasal 13.12(2) poin (c))

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{30} \times (1500 + 4d) \times d$$

$$V_c = 1,67 \times (1500d + 4d^2)$$

$$V_c = 2505d + 6,68d^2$$

Syarat :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$888615 + 457d + 0,5077d^2 \leq 0,75 (2505d + 6,68d^2)$$

$$888615 + 457d + 0,5077d^2 \leq 1878,75d + 5,01d^2$$

$$0 \leq 4,50d^2 + 1421,75d - 888615$$

$$\begin{aligned}
 d_{12} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 d_{12} &= \frac{-1421,75 \pm \sqrt{(1421,75)^2 - (4 \cdot 4,5023 \cdot (-888615))}}{2 \cdot 4,5023}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-1421,75 + \sqrt{(1421,75)^2 - (4 \cdot 4,5023 \cdot (-888615))}}{2 \cdot 4,5023} \\
 &= 313,594
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 &= \frac{-1421,75 - \sqrt{(1421,75)^2 - (4 \cdot 4,5023 \cdot (-888615))}}{2 \cdot 4,5023} \\
 &= -629,377
 \end{aligned}$$

Akar yang memenuhi syarat adalah :  $d_1=313,594 \text{ mm}$

Maka diambil  $d$  terbesar berdasarkan geser ponds dua arah akibat kolom yaitu  $d = 313,594 \text{ mm}$ .

- Cek terhadap Panjang Penyaluran Tulangan Kolom :

Panjang penyaluran dasar minimum untuk batang ulir yang berada dalam keadaan tekan adalah  $db.fy/(4\sqrt{f'c'})$ , tetapi tidak kurang dari  $0,04.db.fy$   
(SNI 03-2847-2002 pasal 14.16.1)

$$\begin{aligned} db.fy/(4\sqrt{f'c'}) &\geq 0,04.db.fy \\ 22 \text{ mm} \cdot 400 / (4\sqrt{30}) &\geq 0,04 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 400 \\ 401,66 \text{ mm} &\geq 352 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tebal poer diambil  $d$  terbesar yaitu  $d = 313,59 \text{ mm}$  dan berdasarkan perhitungan panjang penyaluran tulangan dibutuhkan  $440 \text{ mm}$ , jadi dipakai tebal poer ( $h$ ) =  $500 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{Maka } d (\text{tinggi efektif}) &= h - \text{selimut beton} - \\ &\quad (1/2 \times D_{\text{tul. poer}}) \\ &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \\ &\quad (1/2 \times 22 \text{ mm}) \\ &= 414 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 8.1.9 Perhitungan Daya Dukung Tiang Dalam Kelompok

Dari output SAP 2000 diambil joint 9061 dan didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut :

$$\begin{aligned} - \text{ Akibat beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL)} \\ P &= 46.297,793 \text{ kg} \\ M_x &= 410,984 \text{ kgm} \\ M_y &= -50,759 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0EQx)

$$\begin{aligned} P &= 87.947,712 \text{ kg} \\ M_x &= 1130,670 \text{ kgm} \\ M_y &= -5626,805 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0 EQy)

$$\begin{aligned} P &= 59.079,391 \text{ kg} \\ M_x &= 12070,887 \text{ kgm} \\ M_y &= -14,325 \text{ kgm} \end{aligned}$$

P akibat pengaruh beban tetap (1,0 DL + 1,0 LL)

$$\begin{aligned} P &= 46.297,793 \text{ kg} \\ M_x &= 410,984 \text{ kgm} \\ M_y &= -50,759 \text{ kgm} \end{aligned}$$

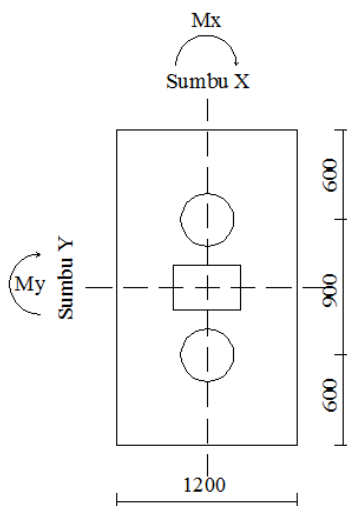
Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap adalah sebagai berikut :

1. Berat sendiri poer (1,2m x 2,1m x 0,5m x 2400kg/m<sup>3</sup>) = 3.024 kg
  2. Beban aksial kolom (output SAP 2000) = 46.297,793 kg +
- $$\Sigma P = 49321,793 \text{ kg}$$

- Kebutuhan tiang pancang :

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{49321,793 \text{ kg}}{54409,589 \text{ kg}} = 0,9065 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka direncanakan menggunakan 2 buah tiang pancang



Gambar 8.4 Penampang Poer Akibat Beban Tetap

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{49321,793 \text{ kg}}{2} + \frac{-50,759 \text{ kgm} \cdot 0}{0} + \frac{410,984 \text{ kgm} \cdot 0,4}{0,32}$$

$$P_1 = 25.174,626 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} - \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{48565,793 \text{ kg}}{2} - \frac{-50,759 \text{ kgm} \cdot 0}{0} - \frac{410,984 \text{ kgm} \cdot 0,4}{0,32}$$

$$P_2 = 24.147,166 \text{ kg}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah  $P_1 = 25.174,63 \text{ kg}$

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) Pasal 1.2(2), peninjauan beban kerja pada pondasi tiang pancang adalah selama tegangan yang diizinkan di dalam tiang memenuhi syarat-syarat yang berlaku untuk bahan tiang yang diperlukan ( $P_{\text{ijin bahan}} \geq P_{\text{ijin tiang}}$ ), maka daya dukung tiang yang diizinkan dapat dinaikkan sampai 50%.

$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= P_1 \leq \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \times 1,5 \\ P_{\text{max}} &= 25.174,63 \text{ kg} \leq 0,8819 \times 54.409,58 \text{ kg} \\ &\times 1,5 \\ P_{\text{max}} &= 25.174,63 \text{ kg} \leq 71.979,126 \text{ kg} \\ &\text{(memenuhi)} \end{aligned}$$

P akibat pengaruh beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0 EQx)

$$\begin{aligned} P &= 87947,712 \text{ kg} \\ M_x &= 1130,67 \text{ kgm} \\ M_y &= -5626,805 \text{ kgm} \end{aligned}$$

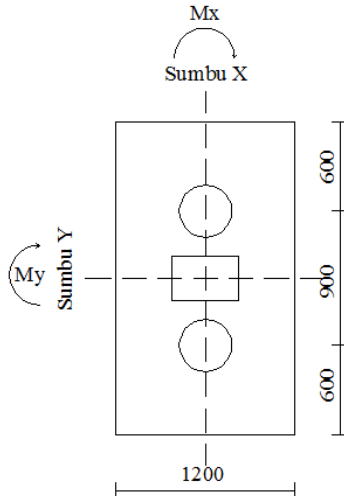
Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 1. \text{ Berat sendiri poer } (1,2\text{m} \times 2,1\text{m} \times 0,5\text{m} \times 2400\text{kg/m}^3) &= 3.024 \text{ kg} \\ 2. \text{ Beban aksial kolom (output SAP 2000)} &= 87.947,712 \text{ kg} + \\ \Sigma P &= 90.971,712 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kebutuhan tiang pancang :

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{\text{ijin tanah}}} = \frac{90971,712 \text{ kg}}{54409,58 \text{ kg}} = 1,67 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka direncanakan menggunakan 2 buah tiang pancang



Gambar 8.5 Penampang Poer Akibat Beban Sementara

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{My \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{\sum P}{n} + \frac{My \cdot X}{\sum x^2} + \frac{Mx \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{90971,712 \text{ kg}}{2} + \frac{-5626,805 \text{ kgm} \cdot 0}{0} + \frac{1130,67 \text{ kgm} \cdot 0,4}{0,32}$$

$$P_1 = 46.899,193 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{\sum P}{n} - \frac{My \cdot X}{\sum x^2} - \frac{Mx \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{90971,712 \text{ kg}}{2} - \frac{-5626,805 \text{ kgm} \cdot 0}{0} - \frac{1130,67 \text{ kgm} \cdot 0,4}{0,32}$$

$$P_2 = 44.072,518 \text{ kg}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah  $P_1 = 46.899,193 \text{ kg}$

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) Pasal 1.2(2), peninjauan beban kerja pada pondasi tiang pancang adalah selama tegangan yang diizinkan di dalam tiang memenuhi syarat-syarat yang berlaku untuk bahan tiang yang diperlukan ( $P_{ijin \text{ bahan}} \geq P_{ijin \text{ tiang}}$ ), maka daya dukung tiang yang diizinkan dapat dinaikkan sampai 50%.

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_1 \leq \eta \times P_{ijin \text{ tanah}} \times 1,5 \\ P_{\max} &= 46.899,193 \text{ kg} \leq 0,8819 \times 54.409,58 \text{ kg} \times 1,5 \\ P_{\max} &= 46.899,193 \text{ kg} \leq 71.979,126 \text{ kg} \end{aligned}$$

(memenuhi)

P akibat pengaruh beban sementara (1,0 DL + 1,0 LL + 1,0 EQy)

$$\begin{aligned} P &= 59079,391 \text{ kg} \\ M_x &= 12070.887 \text{ kgm} \\ M_y &= -14,325 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban sementara adalah sebagai berikut:

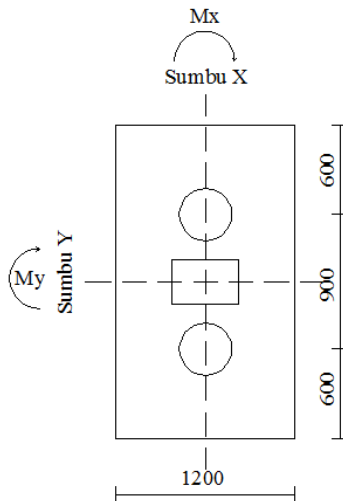
1. Berat sendiri poer ( $1,2 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$ )  $= 3.024 \text{ kg}$
  2. Beban aksial kolom (output SAP 2000)  $= 59.079,39 \text{ kg}$
- $$\begin{aligned} \Sigma P &= 59.079,39 \text{ kg} + 3.024 \text{ kg} \\ &= 62.103,39 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kebutuhan tiang pancang :

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{62.103,39 \text{ kg}}{54409,58 \text{ kg}} = 1,141 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$



Maka direncanakan menggunakan 2 buah tiang pancang



Gambar 8.6 Penampang Poer Akibat Beban Sementara

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$P = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{62103,391 \text{ kg}}{2} + \frac{-14,325 \text{ kgm} \cdot 0}{0} + \frac{12070,887 \text{ kgm} \cdot 0,4}{0,32}$$

$$P_1 = 46.140,304 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{\sum P}{n} - \frac{M_y \cdot X}{\sum x^2} - \frac{M_x \cdot Y}{\sum y^2}$$

$$P_2 = \frac{62103,391 \text{ kg}}{2} - \frac{-14,325 \text{ kgm} \cdot 0}{0} - \frac{12070,887 \text{ kgm} \cdot 0,4}{0,32}$$

$$P_2 = 15.963,086 \text{ kg}$$

Maka beban maksimum yang diterima satu tiang pancang adalah  $P_1 = 46.140,30 \text{ kg}$

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) Pasal 1.2(2), peninjauan beban kerja pada pondasi tiang pancang adalah selama tegangan yang diizinkan di dalam tiang memenuhi syarat-syarat yang berlaku untuk bahan tiang yang diperlukan ( $P_{ijin \text{ bahan}} \geq P_{ijin \text{ tiang}}$ ), maka daya dukung tiang yang diizinkan dapat dinaikkan sampai 50%.

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_1 \leq \eta \times P_{ijin \text{ tanah}} \times 1,5 \\ P_{\max} &= 46.140,30 \text{ kg} \leq 0,8819 \times 54.409,58 \text{ kg} \times 1,5 \\ P_{\max} &= 46.140,30 \text{ kg} \leq 71.979,126 \text{ kg} \end{aligned}$$

(memenuhi)

#### 8.1.10 Perencanaan Tulangan Lentur Pile Cap (Poer)

Pada perencanaan tulangan lentur, poer diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

##### 8.1.10.1 Data Perencanaan

- Dimensi poer = 1,2 m x 2,1 m x 0,5 m
- Jumlah tiang pancang = 2 buah
- Dimensi kolom = 45 cm x 30 cm
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Diameter tulangan utama = 19 mm
- Selimut beton ( $p$ ) = 75 mm
- $\phi$  = 0,8
- $h$  = 500 mm

$$\begin{aligned}
 dx &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\
 &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\
 &= 415,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= h - \text{decking} - \phi_{\text{tul.lentur}} - \frac{1}{2} \cdot \phi_{\text{tul.lentur}} \\
 &= 500 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 19 \text{ mm} - \frac{1}{2} 19 \text{ mm} \\
 &= 396,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Pembebanan yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned}
 q_u &= \text{berat poer} \\
 &= 1,2 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 3.024 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_Q - M_P \\
 &= ((q_u \times 1,2) \times (\frac{1}{2} L)) \\
 &= ((3.024 \text{ kg} \times 1,2) \times (\frac{1}{2} 0,4 \text{ m})) \\
 &= 816,48 \text{ kgm} \\
 &= 8164800 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \beta_1 f_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0325
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot 0,0325 \\
 &= 0,024
 \end{aligned}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \cdot 25} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

### 8.1.10.2 Penulangan Poer Arah X

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8164800 \text{ Nmm}}{0,8} = 10.206.000 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{6804000 \text{ Nmm}}{1200 \text{ mm} \cdot (415,5 \text{ mm})^2} = 0,0492$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 0,0492}{400}} \right] \\
 &= 0,0001232
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} &< \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,00012 &< 0,024
 \end{aligned}$$

(tidak memenuhi)

maka,  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,00010957 = 0,00014$$

Maka pakai  $\rho$  pakai =  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 415,5 \text{ mm} \\
 &= 1745,1 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\max} \leq 2 h$$

$$S_{\max} \leq 2 \cdot 500 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 1000 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan  $\emptyset 19$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s} \\
 S &= \frac{0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \times 1200 \text{ mm}}{1308,825 \text{ mm}^2} \\
 S &= 194,866 \text{ mm} \leq 1000 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

sehingga,

$$S_{\text{pakai}} = 150$$

Maka penulangan poer arah sumbu X dipasang tulangan Ø19-150

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \times 1200 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\
 &= 2267,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } A_{s_{\text{pakai}}} = 2267,08 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 1745,1 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

### 8.1.10.3 Penulangan Poer Arah Y

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8164800 \text{ Nmm}}{0,8} = 10.206.000 \text{ Nmm}$$

(SNI 03-2847-2002 pasal 16.8.3)

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{6804000 \text{ Nmm}}{1200 \text{ mm} \cdot (396,5 \text{ mm})^2} = 0,054$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,686 \cdot 0,054}{400}} \right] \\
 &= 0,000135
 \end{aligned}$$

Cek persyaratan :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,000135 < 0,024
 \end{aligned}$$

(tidak memenuhi)

maka,  $\rho_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%

$$\rho_{\text{perlu}} = 1,3 \cdot 0,000135 = 0,00018$$

Maka  $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{min}} = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 396,5 \text{ mm} \\ &= 1665,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} \leq 2h$$

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot 500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} \leq 1000 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan  $\emptyset 19$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{A_s}$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \times 1200 \text{ mm}}{1665,3 \text{ mm}^2}$$

$$S = 204,2046 \text{ mm} \leq 1000 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

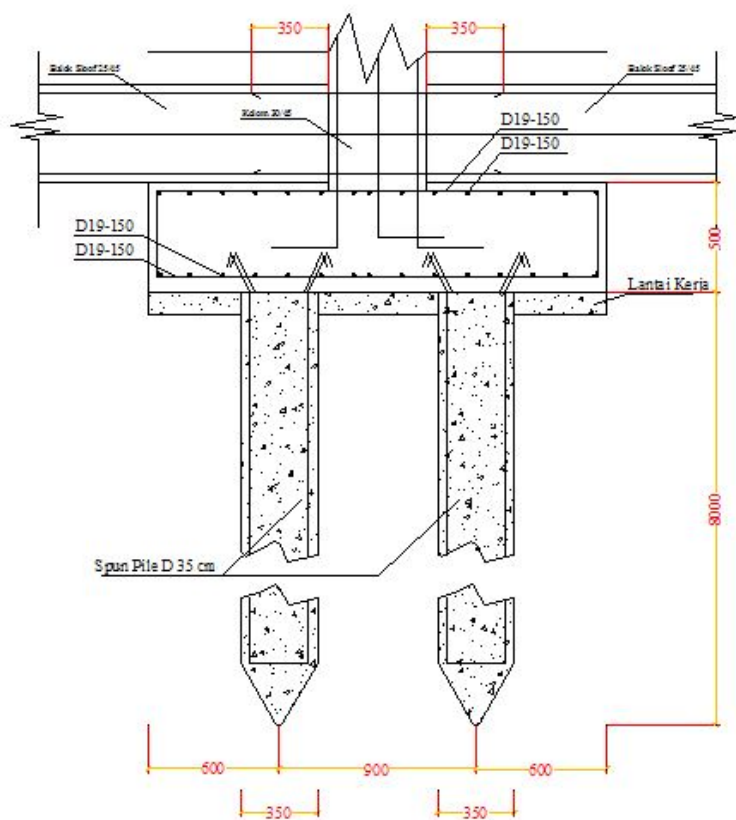
sehingga,

$$S_{\text{pakai}} = 150$$

Maka penulangan poer arah sumbu Y dipasang tulangan  $\emptyset 19$ -150

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= \frac{0,25 \times \pi \times (19 \text{ mm})^2 \times 1200 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \\ &= 2267,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :  $A_{s_{\text{pakai}}} = 2267,08 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} = 1665,3 \text{ mm}^2$   
(memenuhi)



Gambar 8.7 Penulangan poer dan panjang penyaluran tulangan kolom

## **BAB IX**

### **KESIMPULAN & SARAN**

#### **9.1 Kesimpulan**

Dari pembahasan yang telah diuraikan dalam Laporan Proyek Akhir ini diperoleh hasil sebagai berikut :

##### **a. Struktur Sekunder**

###### **1. Pelat**

- Digunakan Tebal 12 cm. Pelat pracetak digunakan tebal 7 cm dan 5 cm untuk overtopping.
- Digunakan Tulangan pada daerah tumpuan  $\varnothing 12 - 200$  sedangkan pada daerah lapangan juga  $\varnothing 12 - 200$
- Tulangan Susut digunakan tulangan  $\varnothing 10 - 200$

###### **2. Tangga**

Terdapat 2 tipe tangga yang digunakan, yaitu :

Tipe 1 :

- Injakan tangga 30 cm
- Tanjakan tangga 17 cm
- Tebal pelat tangga dan bordes 15 cm
- Tulangan arah Y (memanjang) :  $\varnothing 16 - 200$
- Tulangan arah X (melintang) :  $\varnothing 16 - 200$

Tipe 2 :

- Injakan tangga 30 cm
- Tanjakan tangga 15 cm
- Tebal pelat tangga dan bordes 15 cm
- Tulangan arah Y (memanjang) :  $\varnothing 16 - 200$
- Tulangan arah X (melintang) :  $\varnothing 16 - 200$

###### **3. Atap**

Merupakan Konstruksi Baja Rangka Kaku

- Profil Gording Menggunakan Gording 125.50.20.4
- Profil Kuda-Kuda Menggunakan WF 200.150.6.9
- Ikatan Angin Menggunakan  $\varnothing 10$  mm



- Pelatlandasmenggunakantebalpelat 5 mm
- ProfilKolomPendekMenggunakanWF250.175.7.11

## **b. Strukur Primer**

### **1. Balok**

- Dimensi : 25 cm x 45 cm
  - Tulangan Lentur
    - ⇒ Tumpuan Kanan : 2 D 19
    - ⇒ Lapangan : 2 D 19
    - ⇒ Tumpuan Kiri : 8 D 19
  - Tulangan Geser
    - ⇒ Tumpuan Kanan : Ø12 – 100
    - ⇒ Lapangan : Ø12 – 200
    - ⇒ Tumpuan Kiri : Ø12 – 100
  - Tulangan Torsi
    - ⇒ Tumpuan Kanan : 2 D 19
    - ⇒ Lapangan : 2 D 19
    - ⇒ Tumpuan Kiri : 2 D 19
- Dimensi : 15 cm x 30 cm
  - Tulangan Lentur
    - ⇒ Tumpuan Kanan : 2 D 19
    - ⇒ Lapangan : 2 D 19
    - ⇒ Tumpuan Kiri : 4 D 19
  - Tulangan Geser
    - ⇒ Tumpuan Kanan : Ø12 – 100
    - ⇒ Lapangan : Ø12 – 200
    - ⇒ Tumpuan Kiri : Ø12 – 100
  - Tulangan Torsi
    - ⇒ Tumpuan Kanan : 2 D 19
    - ⇒ Lapangan : 2 D 19
    - ⇒ Tumpuan Kiri : 2 D 19

## 2. Kolom

- Dimensi : 30 cm x 45 cm
- Tulangan Lentur : 16 D 16
- Tulangan Geser : Ø10 – 200
- Dimensi : 35 cm x 35 cm
- Tulangan Lentur : 12 D 19
- Tulangan Geser : Ø10 – 200
- Dimensi : 30 cm x 30 cm
- Tulangan Lentur : 8 D 19
- Tulangan Geser : Ø10 – 200

## 3. Sloof

- Dimensi : 25 cm x 45 cm
- Tulangan Lentur
  - ⇒ Tumpuan Kanan : 8 D 19
  - ⇒ Lapangan : 8 D 19
  - ⇒ Tumpuan Kiri : 8 D 19
- Tulangan Geser
  - ⇒ Tumpuan Kanan : Ø12 – 150
  - ⇒ Lapangan : Ø12 – 150
  - ⇒ Tumpuan Kiri : Ø12 – 150

## c. Struktur Bawah

1. Pondasi yang dipakai adalah pondasi tiang pancang yang diproduksi oleh PT. JAYA BETON INDONESIA dengan diameter 350 mm (P1)
2. Pile Cape Tipe 1
  - Dimensi : 2,1 m x 1,2 m x 0,5 m
  - Dimensi Tiang Pancang : Ø35 cm
  - Kedalaman Tiang Pancang : 8 m
  - Tulangan Pile Cape Arah X : D19 – 150
  - Tulangan Pile Cape Arah Y : D19 – 150

## **9.2 SARAN**

Sebelum mengerjakan Tugas Akhir hendaknya menyusun sistematika penulisan Tugas Akhir secara urut dan keseluruhan, agar dalam pengerjaan Tugas Akhir tidak ada yang terlupakan dan berjalan lancar.

## **BAB X**

### **PENUTUP**

Assalamualaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah kami ucapkan kepada Allah SWT, sehingga proyek akhir ini dapat diselesaikan. Segala daya dan upaya telah kami curahkan demi terselesaikannya proyek akhir ini.

Namun, masih banyak masalah yang timbul dalam penyusunan proyek akhir ini, sehingga bimbingan dan petunjuk dari dosen pembimbing dan teman-teman sangat bermanfaat bagi kami. Sehingga kritik dan saran sangat kami harapkan sebagai masukan untuk laporan proyek akhir ini, mengingat keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang kami miliki.

Laporan proyek akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya, dan kami mohon maaf yang sebesar-besarnya atas segala kekurangan dalam penyusunan proyek akhir ini.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. (1989). *Pedoman Beton Indonesia (PBI 1989)*. Jakarta: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)*. Jakarta: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- PCI Industry Handbook Committee (1992). *PCI design handbook 'Precast and Prestressed Concrete fourth edition'*. USA: Precast / prestressed concrete institute.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1984). *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI 1984)*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2002). *SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2002). *SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2002). *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.

- Setiawan, Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, Ir.Suyono dan Nakazawa, Kazuto. (1983). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi cetakan Kedua*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Wang, C. K. dan Salmon, C. G. (1990). *Desain Beton Bertulang Jilid 1 (edisi keempat)*. Jakarta: Erlangga.
- Wang, C. K. dan Salmon, C. G. (1990). *Desain Beton Bertulang Jilid 2 (edisi keempat)*. Jakarta: Erlangga.

**KATO**

**NK-200E-v**

**FULLY HYDRAULIC TRUCK CRANE**

**SPECIFICATION**



**KATO WORKS CO.,LTD.**





• 10.5 m ~ 26.2 m Boom



26.2 m Boom + 7.5 m Jib  
(Offset 5°)



26.2 m Boom + 7.5m Jib  
(Offset 17°)



26.2m Boom + 7.5m Jib  
(Offset 30°)

## RATED LIFTING CAPACITY

Based on

BS 1757 : 1986

DIN 15019-2

75% of tipping loads

Note: Front jack is optional.

Outriggers fully extended with front jack Outriggers fully extended without front jack				Outriggers intermediately extended without front jack Outriggers fully extended without front jack			
Working radius (m)	10.5 m Boom	18.3 m Boom	26.2 m Boom	Working radius (m)	10.5 m Boom	18.3 m Boom	26.2 m Boom
2.5	20.00			2.5	20.00		
3.0	20.00			3.0	20.00		
3.5	17.50	12.00		3.5	17.50	12.00	
4.0	15.50	12.00		4.0	15.20	12.00	
4.5	13.90	12.00		4.5	11.65	12.00	
5.0	12.50	12.00	7.00	5.0	9.70	10.20	7.00
5.5	10.70	10.50	7.00	5.5	8.00	8.60	7.00
6.0	9.50	9.50	7.00	6.0	6.80	7.35	7.00
6.5	8.50	8.60	7.00	6.2	6.50	7.00	7.00
7.0	7.70	7.90	7.00	7.0	5.25	5.50	5.70
7.5	6.95	7.25	6.50	7.5	4.55	4.80	5.00
8.0	6.25	6.75	6.05	8.0	3.90	4.25	4.40
8.5	5.60	6.25	5.60	8.5	3.35	3.75	3.90
9.0		5.75	5.30	9.0		3.35	3.45
9.5		5.35	5.00	10.0		2.65	2.80
10.0		4.90	4.75	11.0		2.15	2.25
11.0		4.15	4.10	12.0		1.75	1.85
12.0		3.55	3.50	13.0		1.40	1.50
13.0		3.10	3.00	14.0		1.10	1.20
14.0		2.70	2.60	15.0		0.90	0.95
15.0		2.30	2.25	16.0		0.70	0.75
16.0		2.00	2.00	17.0			0.60
16.5		1.85	1.80				
17.0			1.75				
18.0			1.55				
19.0			1.35				
20.0			1.20				
21.0			1.05				
22.0			0.90				
23.0			0.80				
24.0			0.70				
24.5			0.65				
Standard hook	for 20 ton			Standard hook	for 20 ton		
Hook weight	230 kg			Hook weight	230 kg		
Parts line	7	4		Parts line	7	4	
Critical boom angle	—	—	—	Critical boom angle	—	—	40°

(Unit: Metric ton)

(Unit: Metric ton)

### NOTES:

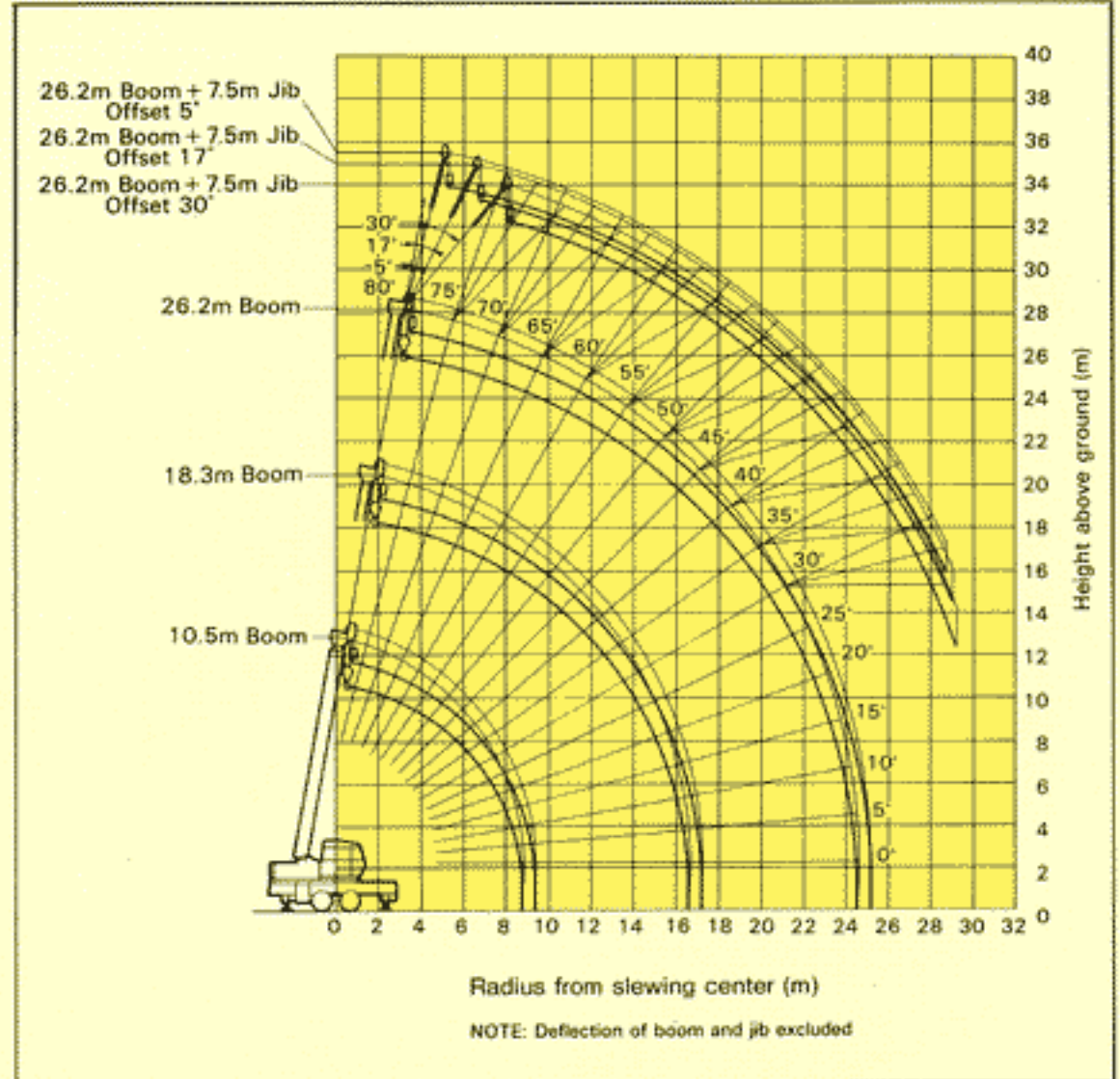
- (1) The rated lifting capacities are the maximum load guaranteed on a firm level ground and include the weight of hook block and other lifting equipment. The capacities enclosed with bold lines are based on the structural strength of machine and the others are based on the stability of machine.
- (2) The working radii as given in the table are the actual values including the deflection of the boom. Therefore, operate the machine based on the working radius. However, the working radii shown for jib operations are based on the values obtained when the boom is fully extended (26.2 m). Jib operations should be performed on the basis of boom angle only, regardless of boom length when the boom is not fully extended.
- (3) The rated lifting capacities for the rooster sheave are equivalent to the rated lifting capacities for the main boom to a maximum of 3000 kg. At all times the weight of all lifting equipment in use (including main hook block suspended from boom head) forms part of load and must be subtracted from the rated lifting capacity.
- (4) If the boom length exceeds the specified value, the rated lifting capacities for the boom length above and below the present boom length should be referred to, and the crane should be operated within the smaller lifting capacity.
- (5) When using the main boom with the jib installed, 550 kg plus the weight of hook block and other lifting equipment, etc., should be subtracted from the rated lifting capacities. When performing the above operation, do not use the rooster sheave.
- (6) The standard number of parts of line is shown in the rated lifting capacity table. When the standard number of parts of line is not used, the minimum number of parts of line is determined so that weight per part will not exceed 3000 kg.
- (7) Without front jack, over front lifting performance is inferior to over side and over rear lifting performance. Great care should be taken when transferring from over side to over front since there is a danger of overloading.



## WORKING RANGE

Outriggers fully extended with front jack – 360° full range Outriggers fully extended without front jack – over side and over rear						
Boom angle (°)	26.2 m Boom + 7.5 m Jib					
	Offset 5°		Offset 17°		Offset 30°	
	Working radius (m)	Load (t)	Working radius (m)	Load (t)	Working radius (m)	Load (t)
80.0	6.6	2.50	8.0	1.75	9.4	1.30
73.0	10.2	2.50	11.4	1.75	12.7	1.30
72.5	10.5	2.45	11.7	1.75	12.9	1.29
70.0	11.9	2.25	13.0	1.67	14.1	1.25
65.0	14.6	1.96	15.7	1.51	16.7	1.17
60.0	17.2	1.75	18.2	1.38	19.0	1.12
55.0	19.6	1.59	20.6	1.29	21.2	1.08
53.6	20.3	1.55	21.3	1.26	21.9	1.07
49.3	22.1	1.25	23.0	1.20	23.6	1.04
46.9	23.1	1.11	23.8	1.08	24.6	1.03
40.0	25.5	0.82	26.2	0.79	26.7	0.78
35.0	27.3	0.65	27.7	0.64	28.0	0.64
30.0	28.7	0.53	29.1	0.52	29.2	0.52
Standard hook	for 3 ton					
Hook weight	60 kg					
Parts line	1					
Critical boom angle	—					

(Unit: Metric ton)



Outriggers intermediately extended without front jack – 360° full range Outriggers fully extended without front jack – over front						
Boom angle (°)	26.2 m Boom + 7.5 m Jib					
	Offset 5°		Offset 17°		Offset 30°	
	Working radius (m)	Load (t)	Working radius (m)	Load (t)	Working radius (m)	Load (t)
80.0	6.6	2.50	8.0	1.75	9.4	1.30
73.0	10.2	2.50	11.4	1.75	12.7	1.30
72.5	10.5	2.45	11.7	1.75	12.9	1.29
70.0	11.9	2.26	13.0	1.67	14.1	1.25
67.3	13.2	1.77	14.5	1.58	15.5	1.21
65.2	14.3	1.46	15.5	1.31	16.7	1.18
60.0	16.9	0.90	18.0	0.82	18.9	0.78
54.5	19.4	0.52	20.4	0.48	21.3	0.46
Standard hook	for 3 ton					
Hook weight	60 kg					
Parts line	1					
Critical boom angle	50°					

(Unit: Metric ton)

- (8) Critical boom angles for each boom length are shown on bottommost line of lifting capacity table.  
If the boom angle is lowered to less than the critical boom angle, the machine will tip over without load. Therefore, never lower the boom below these angles.
- (9) Free fall is adopted in principle to lower the hook only.  
If it is necessary to lower a load by free fall, its weight should be less than 20% of the rated lifting capacity and abrupt braking should not be allowed.
- (10) The machine will tip over or be damaged if operated with a load exceeding that specified in the rated lifting capacity table or not conforming to correct handling.  
If such trouble occurs, the machine will not be warranted.



## SUPERSTRUCTURE SPECIFICATION

Name and Type: KATO NK-200E-v FULLY HYDRAULIC TRUCK CRANE

### Performance

Crane capacity: 20.0t × 3.0m, 10.5m Boom with outriggers  
 12.0t × 5.0m, 18.8m Boom with outriggers  
 7.0t × 7.0m, 26.2m Boom with outriggers  
 3.2t × 12.5m, 10.5—26.2m Boom Rooster sheave with outriggers  
 2.5t × 10.2m, 26.2m Boom + 7.5m jib (Offset 5°) with outriggers  
 1.75t × 11.7m, 26.2m Boom + 7.5m jib (Offset 17°) with outriggers  
 1.3t × 12.7m, 26.2m Boom + 7.5m jib (Offset 30°) with outriggers

Boom length: Basic 10.5m  
 Maximum 26.2m  
 Jib length: 7.5m  
 Max. lifting height: 26.0m (Boom)  
 34.0m (26.2m Boom + 7.5m Jib Offset 5°)  
 Main hoisting line speed: 110m/min (4th layer)  
 Auxiliary hoisting line speed: 95m/min (2nd layer)  
 Main hook hoisting speed: 15.7m/min (4th layer of wire rope) (7-part line)  
 Auxiliary hook hoisting speed: 95m/min (2nd layer of wire rope) (1-part line)  
 Boom derricking time: 44sec (−3° ~ 80°)  
 Boom derricking angle: −3° ~ 80°  
 Slewing speed: 2.6 r.p.m.  
 \* speed: subject to no load

### Hydraulic System

Oil pump: 4 section gear type  
 Hoisting motor: Axial plunger type  
 Slewing motor: Axial plunger type  
 Cylinder: Double acting type  
 Control valve: 3 position 4 way double acting with integral check and relief valves  
 Oil reservoir capacity: 310 lit.

### Superstructure

Hoisting mechanism: Hydraulic motor-driven, gear reduction type (automatic brake system) single winch × 2  
 Slewing mechanism: Ball bearing type  
 Boom derricking mechanism: Direct-acting cylinder type  
 Outrigger system: Hydraulic, vertically supporting with float and vertical cylinder in single unit  
 Front jack (option): Hydraulic, vertically supporting with float and vertical cylinder in single unit

### Hoisting Ropes

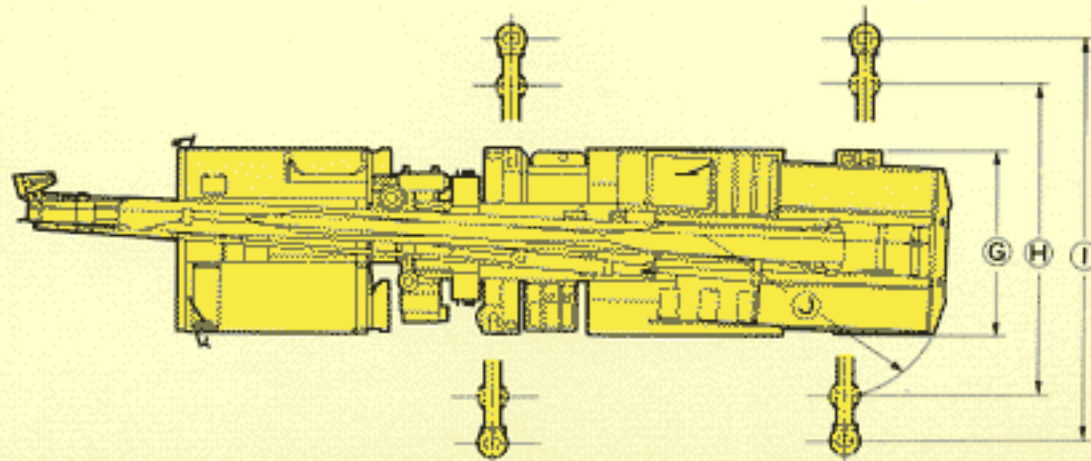
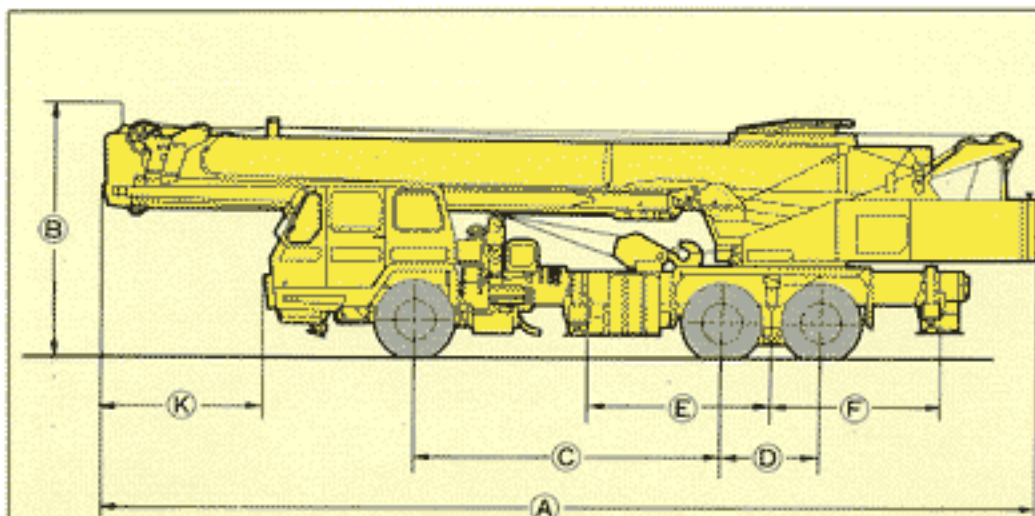
Main: 4 × F(a + 40)φ16 × 170m Non-rotating wire rope  
 Auxiliary: 4 × F(a + 40)φ16 × 90m Non-rotating wire rope

### Safety Device

Microcomputer type ACS fully automatic overload protection device (Moment Limiter)  
 Boom falling safety device, Overhoist prevention device, Drum lock device, Automatic winch brake, Irregular winding prevention device, Hydraulic safety valve, Outrigger lock device, Slewing lock device

### Option

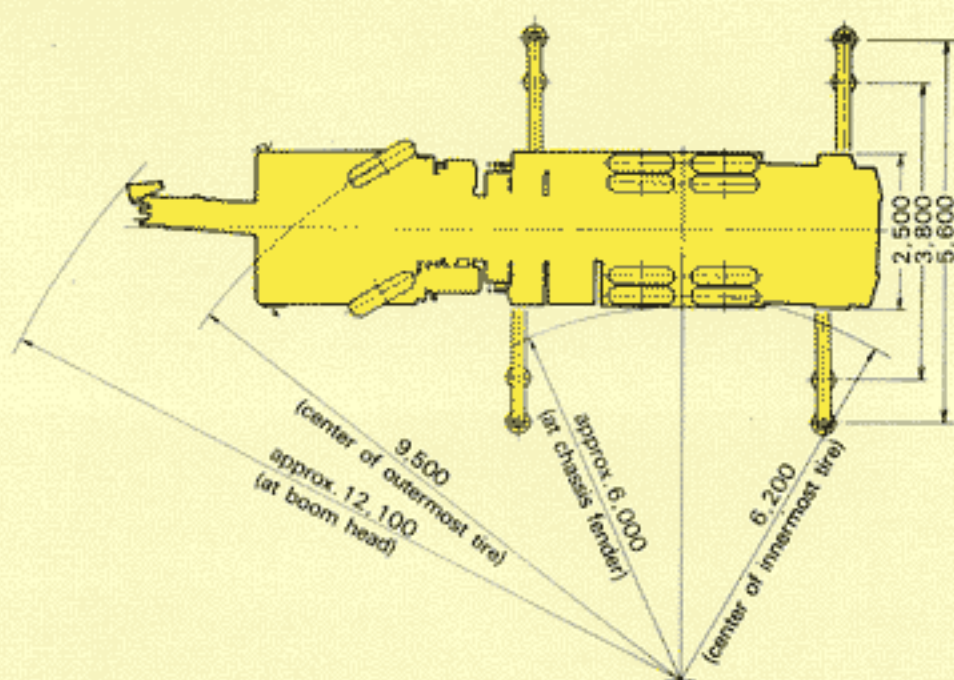
Oil cooler, Front jack, Voice alarm device for ACS, Heater, fan and radio for crane cabin  
 2 section fly jib (7.5 ~ 12 m)



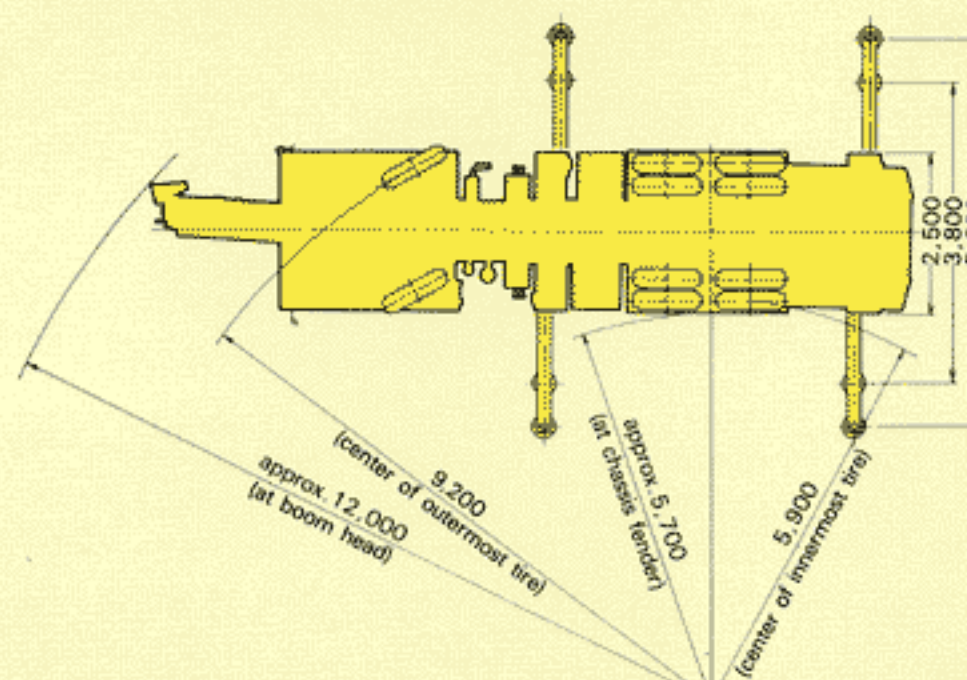
Carrier name and model	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Mitsubishi K203BLA	12,430	3,300	4,050	1,300	2,400	2,200	2,500	3,800	5,600	3,220	2,300
Nissan Diesel KW31MXL	12,430	3,300	4,050	1,300	2,450	2,100	2,500	3,800	5,600	3,220	2,200

(Unit: mm)

### Mitsubishi K203BLA



### Nissan Diesel KW31MXL





# CARRIER SPECIFICATION

## MITSUBISHI K203BLA

Maximum traveling speed:	65km/h
Gradeability (tanθ):	31% (computed, @G.V.W. = 22,200kg)
Minimum turning radius (center of extreme outer tire):	9.5m

### General dimensions

Overall length:	approx. 12,430mm
Overall width:	approx. 2,500mm
Overall height:	approx. 3,300mm
Wheel base:	4,700mm
Treads:	Front 2,050mm
	Rear 1,845mm
Center to center of extended outriggers:	5,600mm (Fully extended) 3,800mm (Intermediately extended)
Gross vehicle weight:	approx. 22,200kg
Front	approx. 5,550kg
Rear	approx. 16,650kg

### Carrier

Maker:	MITSUBISHI
Model:	K203BLA
Drive system:	6 × 4

### Engine

Maker:	MITSUBISHI
Model:	6D22-1A
Type:	4 cycle, water cooled, diesel
No. of cylinder:	6-inline
Piston displacement:	11,149cc
Max. output horsepower:	225 PS/2,200 r.p.m. 165 KW/2,200 r.p.m.
Max. output torque:	78 kg-m/1,400 r.p.m. 764 N-m/1,400 r.p.m.

NOTE: The output is in accordance with JIS D1004, 1976.  
Rated power output guaranteed within 5% at  
standard ambient condition.

Clutch:	Single dry plate, hydraulic control with air booster
Transmission:	5 forward & 1 reverse speed, syn- chromesh and constantmesh gear
Axles:	Front Reverse "ELLIOT" type
	Rear Full floating type
Steering:	Ball nut type with power booster
Suspension:	Front Semi-elliptic leaf springs with shock absorber
	Rear Equalizer beams and torque rods
Brake:	Service 2 circuit air brake, 6 wheels internal expanding type
	Parking & Spring loaded brake, acting on Emergency 4 rear wheels, variable air operated
	Auxiliary Exhaust brake
Electric system:	24V
Battery:	12V—115F51 × 2
Fuel tank capacity:	200 lit
Driver's cab:	All steel welded construction, 2 persons, low line type, offset left hand side
Tire size:	Front 10.00—20—14PR
	Rear (dual) 10.00—20—14PR

## NISSAN DIESEL KW31MXL

Maximum traveling speed:	71km/h
Gradeability (tanθ):	36% (computed, @G.V.W. = 21,900kg)
Minimum turning radius (center of extreme outer tire):	9.2m

### General dimensions

Overall length:	approx. 12,430mm
Overall width:	approx. 2,500mm
Overall height:	approx. 3,300mm
Wheel base:	4,700mm
Treads:	Front 2,025mm
	Rear 1,860mm
Center to center of extended outriggers:	5,600mm (Fully extended) 3,800mm (Intermediately extended)
Gross vehicle weight:	approx. 21,900kg
Front	approx. 5,850kg
Rear	approx. 16,050kg

### Carrier

Maker:	NISSAN DIESEL
Model:	KW31MXL
Drive system:	6 × 4

### Engine

Maker:	NISSAN DIESEL
Model:	PE6
Type:	4 cycle, water cooled, diesel
No. of cylinder:	6-inline
Piston displacement:	11,670cc
Max. output horsepower:	230 PS/2,200 r.p.m. 169 KW/2,200 r.p.m.
Max. output torque:	83 kg-m/1,300 r.p.m. 813 N-m/1,300 r.p.m.

NOTE: The output is in accordance with JIS D1004, 1976.

Clutch:	Single dry plate
Transmission:	6 forward & 1 reverse speed, Reverse "ELLIOT" type
Axles:	Front Full floating type
	Rear Full floating type
Steering:	Ball nut type with power booster
Suspension:	Front Semi-elliptic leaf springs with shock absorber
	Rear Equalizer beams and torque rods
Brake:	Service 2 circuit air brake, 6 wheels internal expanding type
	Parking Mechanical, acting on propeller shaft
	Auxiliary Exhaust brake
Electric system:	24V
Battery:	12V—115F51 × 2
Fuel tank capacity:	200 lit
Driver's cab:	Steel, two men, semi under floor type one side cab
Tire size:	Front 10.00—20—16PR
	Rear (dual) 10.00—20—16PR



# NK-200E-v

## FULLY HYDRAULIC TRUCK CRANE

\*NOTE: KATO products and specifications are subject to improvements and changes without notice. If any options are included, specifications shown herein may change.



**KATO WORKS CO.,LTD.**

9-37, Higashi-ohi 1-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 140, Japan  
Tel. : Head Office Tokyo (03) 3458-1111  
Overseas Marketing Department Tokyo (03)3458-1115  
Telex : 222-4519 (CRKATO J)  
Fax. : Tokyo (03) 3458-1151  
Cable : CRANEKATO TOKYO

LNK200E-v1-2  
E3114(Hp) Printed in Japan

## Jarak Gording

### Djabes Genteng

Catatan :

Ukuran kayu gording 5 X 10 cm.  
Kemiringan atap minimum 17,5°.  
Pastikan gording rata dan lurus.  
Paku yang dipergunakan :  
Untuk gording kayu atau balok,  
paku payung ulir ukuran 3 inci,  
paku sekrup ukuran 2,5 inci.

### Djabes Gelombang Besar

Catatan :

Ukuran kayu gording 6 X 12 cm.  
Kemiringan atap minimum 10°.  
Pastikan gording rata dan lurus.  
Paku yang dipergunakan :  
Untuk gording kayu atau balok,  
paku payung ulir ukuran 4 inci,  
paku sekrup ukuran 4 inci.  
Untuk gording besi kanal C :  
Hak pancing ukuran 15,20 cm.  
Hak segi empat ukuran 24,28,30,  
32 dan 35 cm.

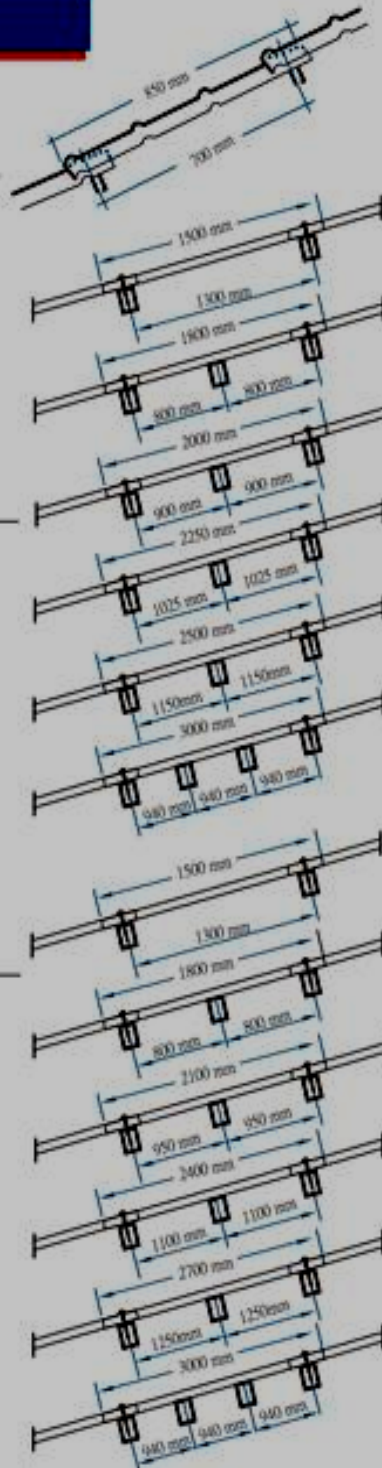
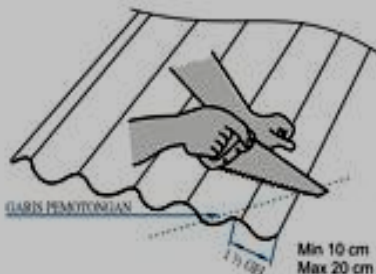
### Djabes Gelombang Kecil

Catatan :

Ukuran kayu gording 5 X 10 cm.  
Kemiringan atap minimum 10°.  
Pastikan gording rata dan lurus.  
Paku yang dipergunakan :  
Paku payung ulir ukuran 3 inci,  
paku sekrup ukuran 2,5 inci.

### Cara pemotongan sudut Djabes gelombang besar & gelombang kecil

Potong lembaran asbes pada ke 2 (dua) sudutnya setiap pertemuan 4 (empat) lembar asbes semen.



### Pemakuan Djabes

Paku setiap lembar asbes semen pada puncak gelombang kedua dari kiri & puncak gelombang kedua dari kanan cukup menggunakan 4 s/d 6 paku (tergantung ukuran asbes semen). Pemakuan tidak boleh terlalu kencang dan harus memakai ring karet, sebaiknya gunakan alat bor untuk melubangi lembaran asbes semen.

### Tumpangan dan Penempatan paku

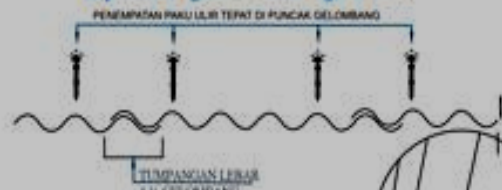
- Tumpangan panjang 20 cm untuk asbes gelombang dan 10 cm untuk asbes genteng.
- Tumpangan lebar 1½ gelombang untuk gelombang kecil dan 1 gelombang untuk gelombang besar dan genteng asbes.

### Djabes Genteng

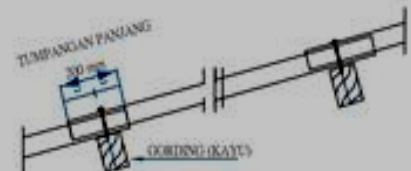
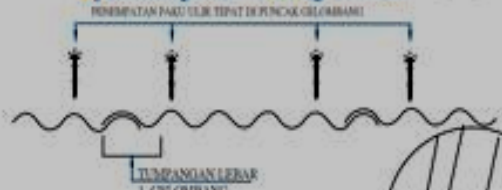
POSISI GELOMBANG YANG BESAR HARUS DI ATAS



### Djabes gelombang kecil



### Djabes gelombang besar



**Djabesmen**

## DJABES GELOMBANG BESAR (B100)



### Specification

**Jumlah Gelombang:** 6  
**Lebar:** 1020mm  
**Lebar Terpakai:** 900mm  
**Panjang Terpakai:** minus 150 - 200 mm  
**Jarak Gelombang:** 180mm  
**Tinggi Gelombang:** 50mm  
**Tebal:** 5 mm dan 6 mm

### Ukuran

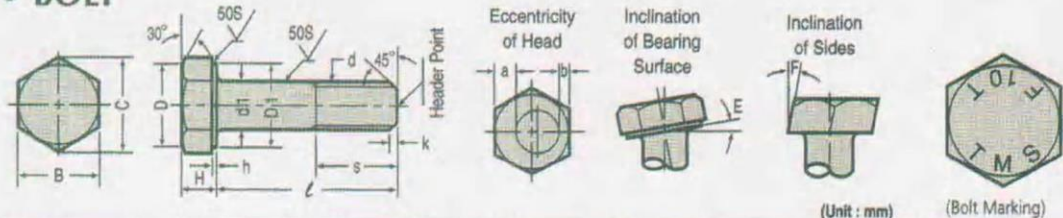
Panjang:	Lebar:	Tebal:	Berat:
3000	1020	5	30.06
2500	1020	5	25.05
2250	1020	5	22.55
2000	1020	5	20.05
1800	1020	5	18.04
1500	1020	5	15.05
3000	1020	6	36.08
2500	1020	6	30.06
2250	1020	6	27.05
2000	1020	6	24.05
1800	1020	6	21.65
1500	1020	6	18.03

<sup>\*)</sup> Ukuran di luar standar dapat dibuat sesuai pesanan



# 1. DIMENSION AND TOLERANCES

## • BOLT

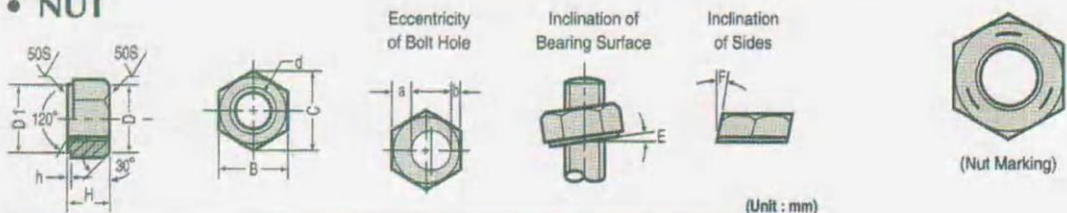


(Unit : mm)

(Bolt Marking)

Designation of Bolt (d)	d1		H		B		C	D	D1	r	k	a-b	E	F	h	S	
	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Approx.	Approx.	Min.		Approx.	Max.	Max.	Max.		Basic Dimension	Tolerance
M 12	12	+ 0.7 - 0.2	8	± 0.8	22	+ 0 - 0.6	25.4	20	20	0.8 ~ 1.6	2	0.7	1°	2°	0.4 ~ 0.8	25	+ 5 - 0
M 16	16		10		27		31.2	25	25	1.2 ~ 2.0		0.8				30	
M 20	20		13		32		37	30	29	2.5	0.9	35					
M 22	22		14	± 0.9	36		41.6	34	33	3	1.1	40					
M 24	24	+ 0.8 - 0.4	15		41	+ 0 - 1	47.3	39	38	1.6 ~ 2.4	1.2	45				+ 6 - 0	
M 27	27		17		46		53.1	44	43		3	1.3				50	
M 30	30		19	± 1.0	50		57.7	48	47	2.0 ~ 2.8	3.5	1.5				55	

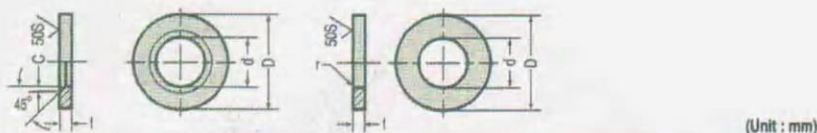
## • NUT



(Unit : mm)

Nominal Size of Thread (d)	Outside Diameter External Thread	H	B	C	D	D1	a-b	E	F	h
Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Approx.	Approx.	Min.	Max.	Max.	Max.	Approx.
M 12	12	12	±0.35	22	0 -0.8	25.4	20	20	0.7	
M 16	16	16		27		31.2	25	25	0.8	
M 20	20	20		32		37	30	29	0.9	
M 22	22	22	±0.4	36	+0 -1	41.6	34	33	1.1	1° 2° 0.4-0.8
M 24	24	24		41		47.3	39	38	1.2	
M 27	27	27		46		53.1	44	43	1.3	
M 30	30	30		50		57.7	48	47	1.5	

## • WASHER



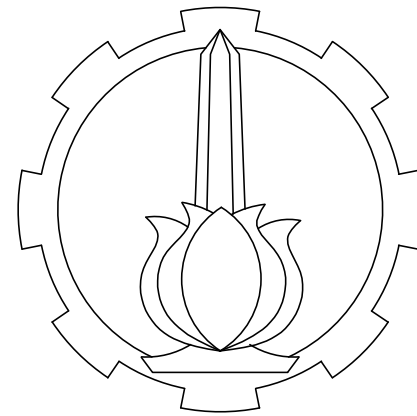
(Unit : mm)

Nominal Size of Washer	d		D		t		c or r
	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Approx.
12	13	+ 0.7 0	26	+ 0 - 0.8	3.2	± 0.4	1.5
16	17		32		4.5	± 0.5	
20	21	+ 0.6 0	40	+ 0 - 1			2
22	23		44				
24	25		48			6	± 0.7
27	28	56	+ 0 - 1.2				
30	31	60		60	2.8		



# GAMBAR PERENCANAAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
SIDOARJO DENGAN METODE PRACETAK



OLEH :

Mahasiswa 1 :

Aulia Rahman Al Hamani

NRP : 3111030009

Mahasiswa 2 :

Adimas Bayu Ramana

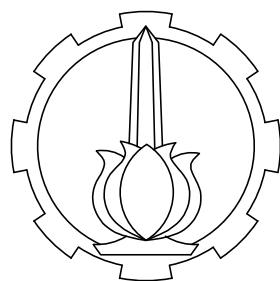
NRP : 3111030023

Dosen Pembimbing :

Ir. Sungkono, CES

NIP. 19591130 198601 1 001

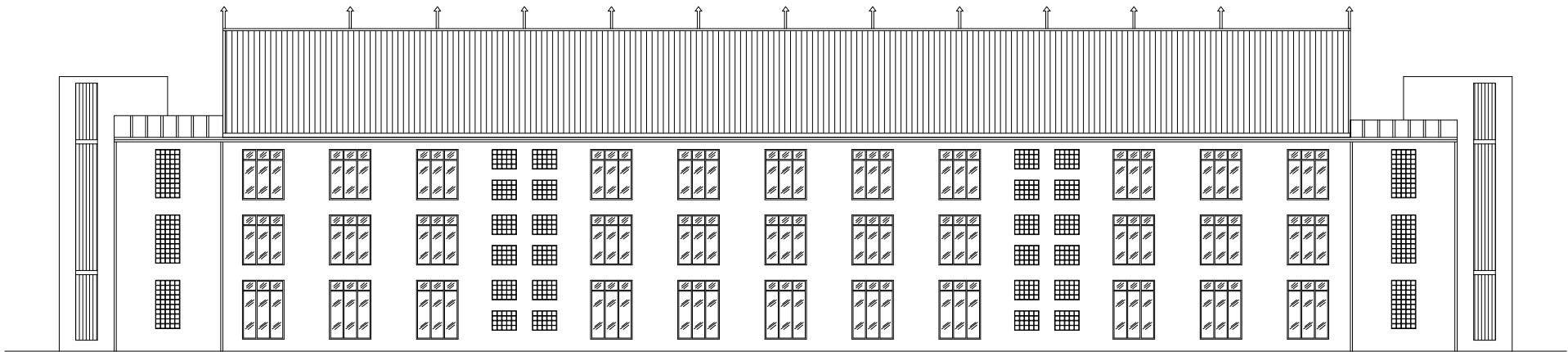
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG



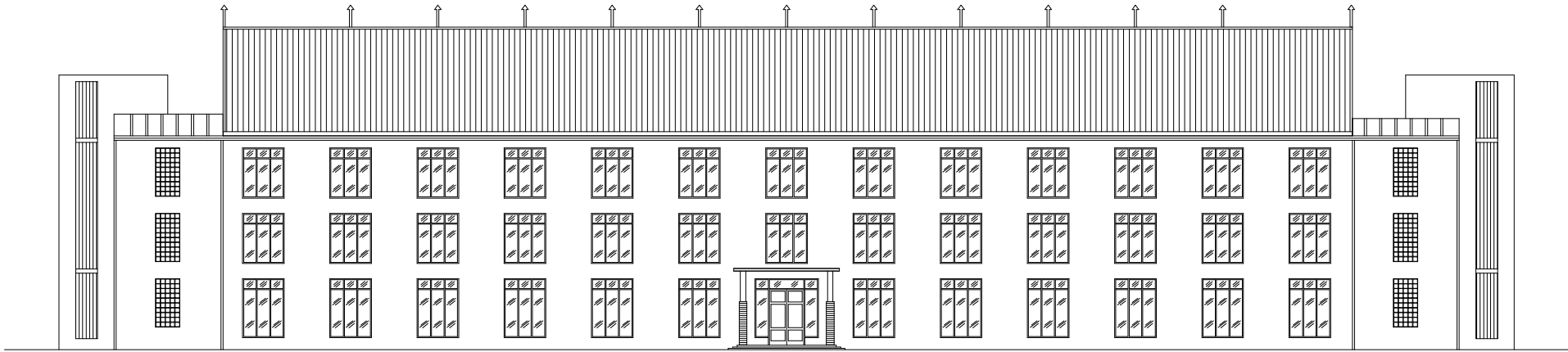
# DAFTAR GAMBAR PERENCANAAN

NO	JENIS GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO GAMBAR	NO	JENIS GAMBAR	SKALA	KODE GAMBAR	NO GAMBAR
1	TAMPAK UTARA & SELATAN	1 : 250	ARS	01	17	DENAH PELAT PRACETAK LANTAI ATAP elev. +9.40	1 : 250	STR	17
2	TAMPAK BARAT	1 : 100	ARS	02	18	ALUR PEMASANGAN PELAT PRACETAK LANTAI 2 & 3	1 : 250	STR	18
3	TAMPAK TIMUR	1 : 100	ARS	03	19	ALUR PEMASANGAN PELAT PRACETAK LANTAI ATAP elev. +9.40	1 : 250	STR	19
4	DENAH LT.1 & LT.2	1 : 250	ARS	04	20	LETAK TITIK ANGKAT PELAT PRACETAK TYPE A & TYPE B	1 : 20	STR	20
5	DENAH LT.3 & LT. ATAP	1 : 250	ARS	05	21	LETAK TITIK ANGKAT PELAT PRACETAK TYPE C & D	1 : 10	STR	21
6	POTONGAN A - A & B - B	1 : 250	ARS	06	22	LETAK TITIK ANGKAT PELAT PRACETAK TYPE E & F	1 : 10	STR	22
7	DENAH PONDASI & SLOOF	1 : 250	STR	07	23	RENCANA TANGGA PRACETAK TYPE 1	1 : 50	STR	23
8	DETAIL PONDASI & PENULANGAN POER	1 : 10	STR	08	24	DETAIL POTONGAN TYPE 1	1 : 50 1 : 25	STR	24
9	POT A-A & POT B-B POER	1 : 10	STR	09	25	RENCANA TANGGA PRACETAK TYPE 2	1 : 50	STR	25
10	DENAH KOLOM LANTAI 1 & 2	1 : 250	STR	10	26	DETAIL POTONGAN TYPE 2	1 : 50 1 : 25	STR	26
11	DENAH KOLOM LANTAI 3 & ATAP elev. +9.40	1 : 250	STR	11	27	TITIK PENGANGKATAN TANGGA TYPE 1 & 2	1 : 50	STR	27
12	DENAH BALOK LANTAI 2 & 3	1 : 250	STR	12	28	DENAH RENCANA ATAP	1 : 250	STR	28
13	DENAH BALOK LANTAI ATAP elev. +9.40 & LANTAI ATAP elev. +10.40	1 : 250	STR	13	29	SAMBUNGAN KUDA-KUDA 1 & 2	1 : 10	STR	29
14	ALUR PEMASANGAN BALOK PRACETAK LANTAI 2 & LANTAI 3	1 : 250	STR	14	30	DETAIL PELAT LANDAS DAN GORDING	1 : 10	STR	30
15	ALUR PEMASANGAN BALOK PRACETAK LANTAI ATAP elev. +9.40 & elev. +10.40	1 : 250	STR	15	31	DETAIL PENG. GORDING & IKATAN ANGIN	1 : 5	STR	31
16	DENAH PELAT PRACETAK LANTAI 2 & 3	1 : 250	STR	16	32	PORTAL A-A	1 : 100	STR	32

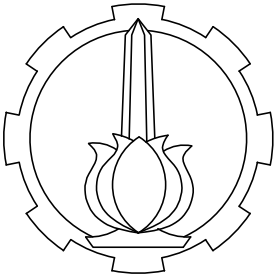




TAMPAK UTARA  
SKALA 1:250



TAMPAK SELATAN  
SKALA 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

TAMPAK UTARA &  
TAMPAK SELATAN

SKALA

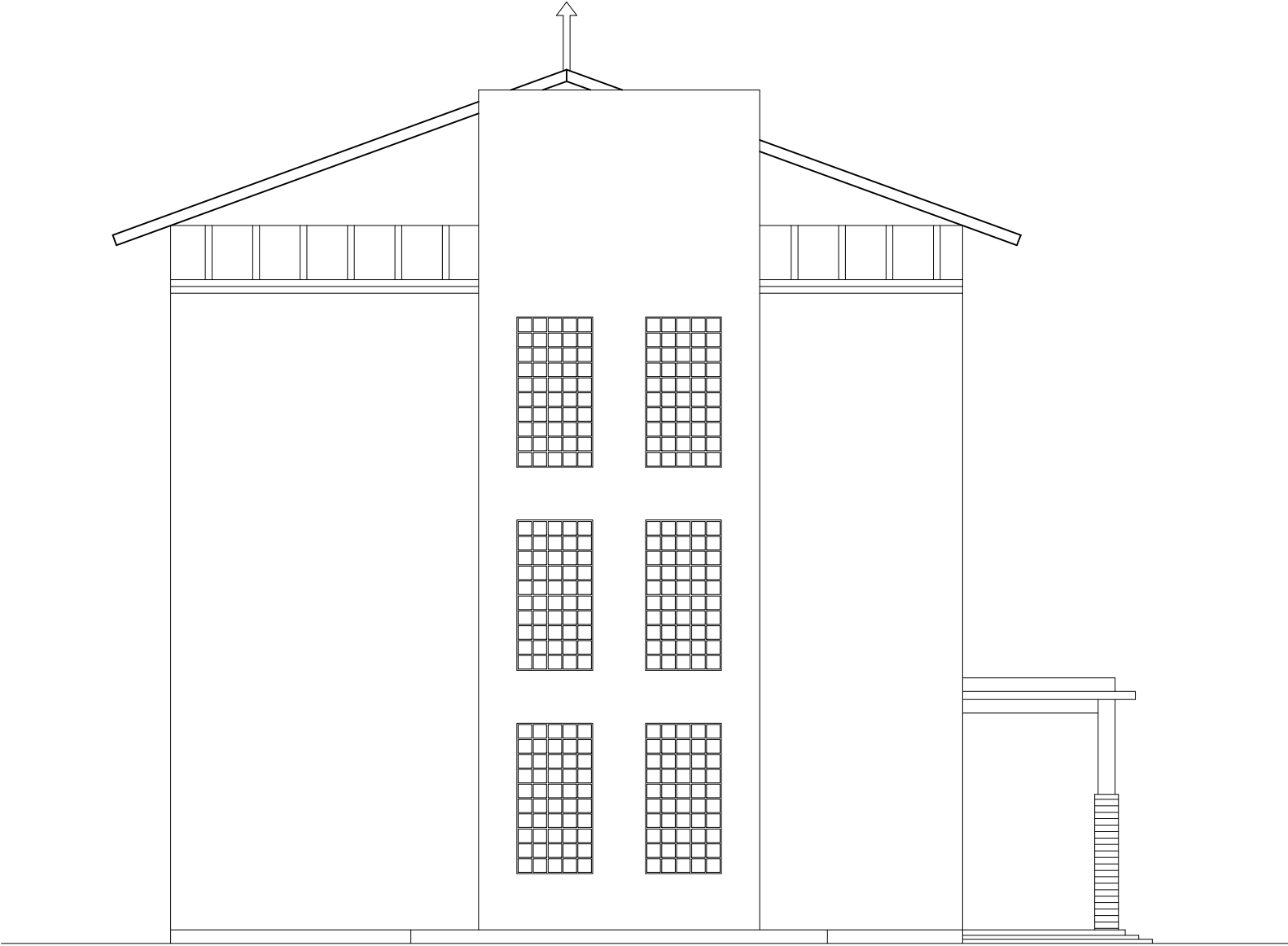
1 : 250

KODE GBR

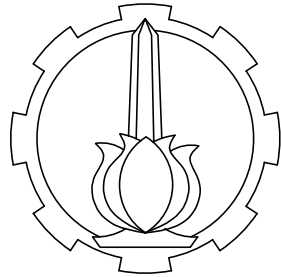
ARS

NO GBR

01



**TAMPAK BARAT**  
SKALA 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

**JUDUL PROYEK AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

**DOSEN PEMBIMBING**

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

**NAMA MAHASISWA**

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

**KETERANGAN**

**REVISI**


**JUDUL GAMBAR**

TAMPAK TIMUR

**SKALA**

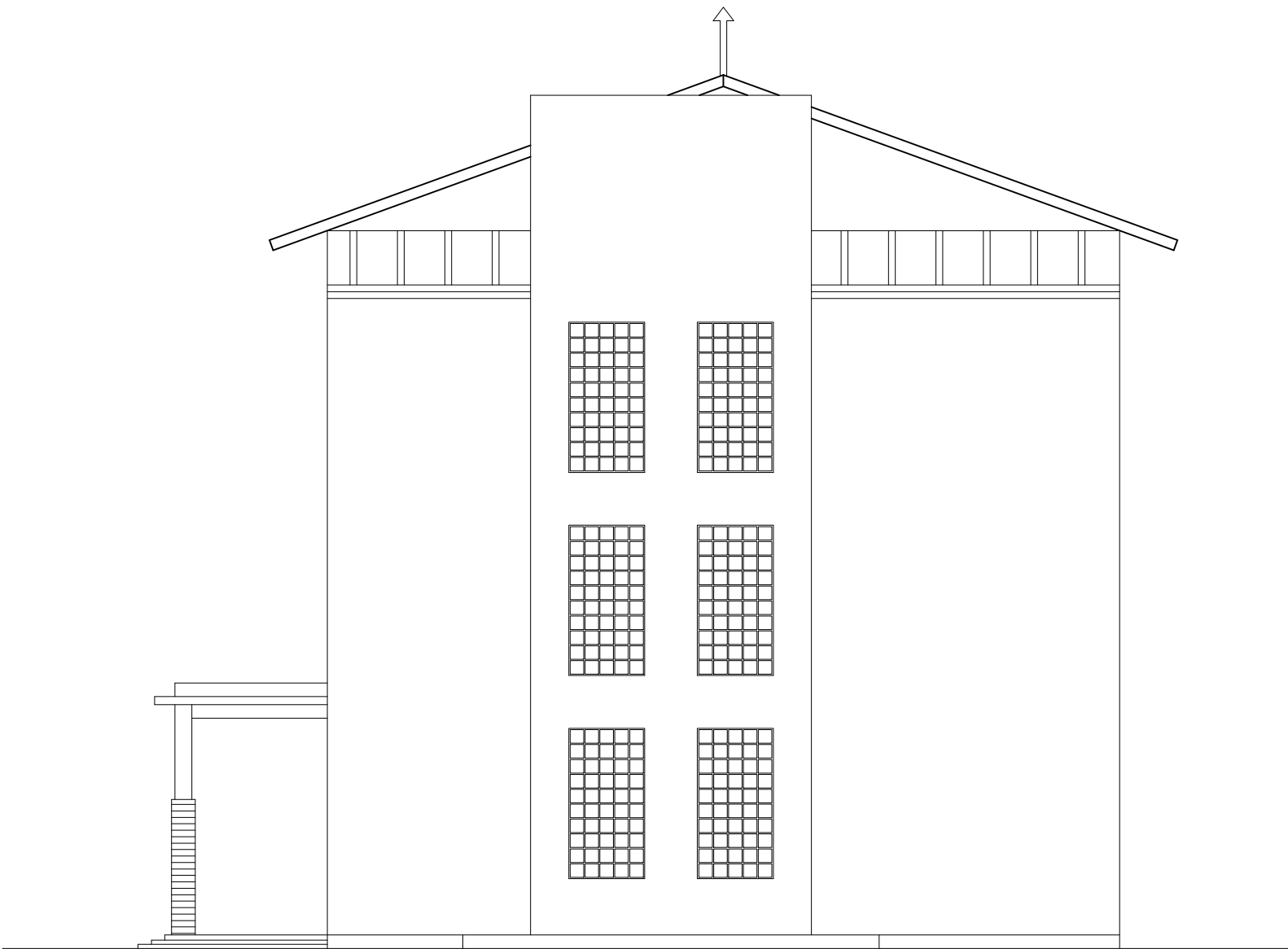
1 : 100

**KODE GBR**

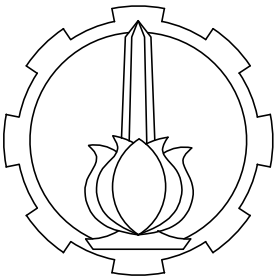
ARS

**NO GBR**

02



**TAMPAK TIMUR**  
SKALA 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

**JUDUL PROYEK AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

**DOSEN PEMBIMBING**

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

**NAMA MAHASISWA**

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

**KETERANGAN**


**REVISI**


**JUDUL GAMBAR**

TAMPAK TIMUR

**SKALA**

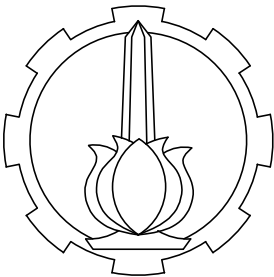
1 : 100

**KODE GBR**

ARS

**NO GBR**

03



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 1 elev.  $\pm 0.00$   
& LANTAI 2 elev.  $+3.40$

SKALA

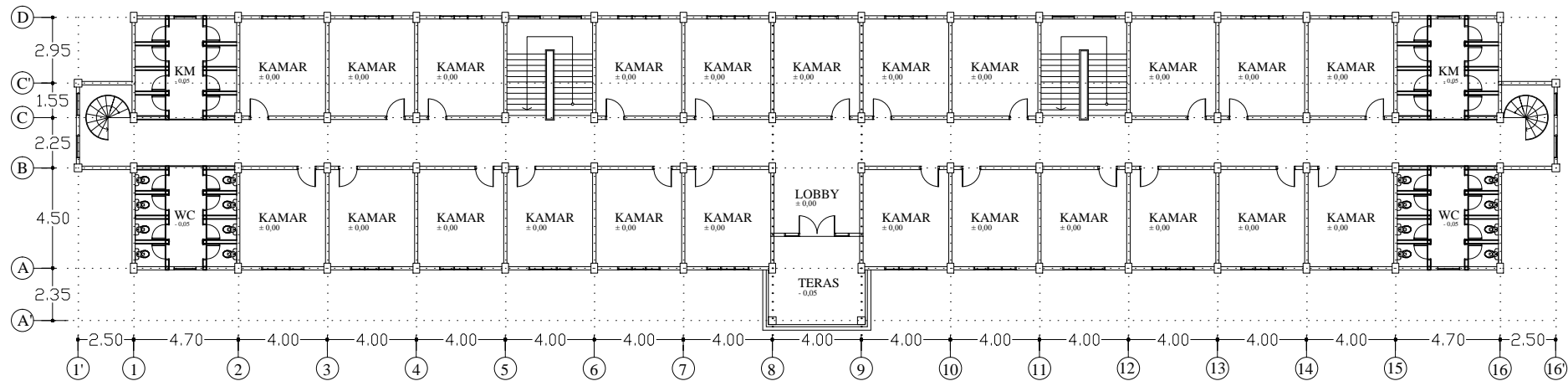
1 : 250

KODE GBR

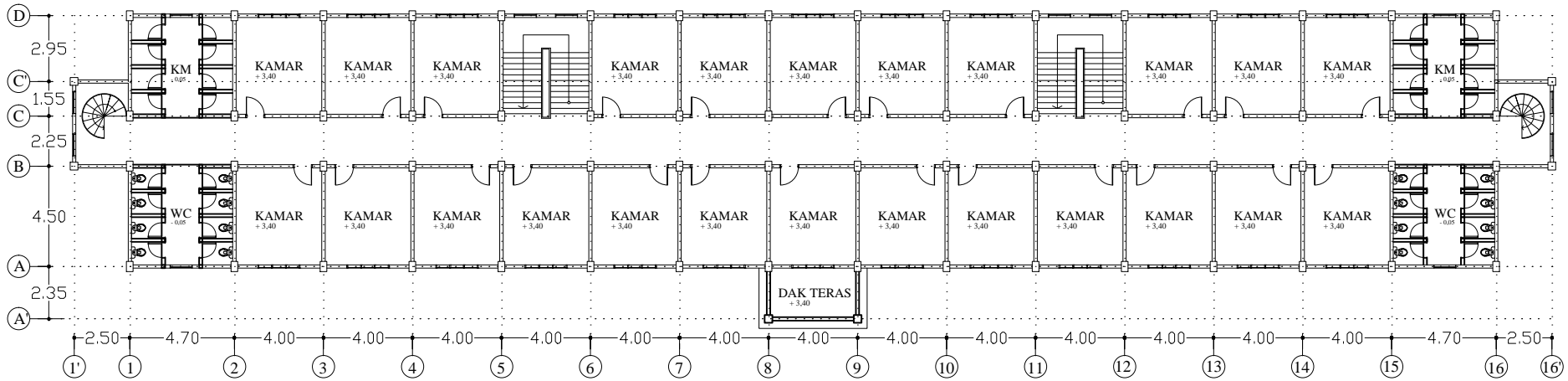
ARS

NO GBR

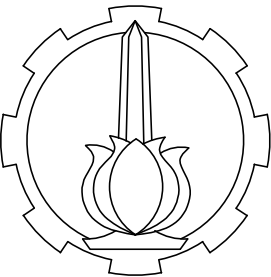
04



DENAH LANTAI 1 elev.  $\pm 0.00$   
SKALA 1:250



DENAH LANTAI 2 elev.  $+3.40$   
SKALA 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 3 elev. +6.40  
& LANTAI ATAP elev. +9.40

SKALA

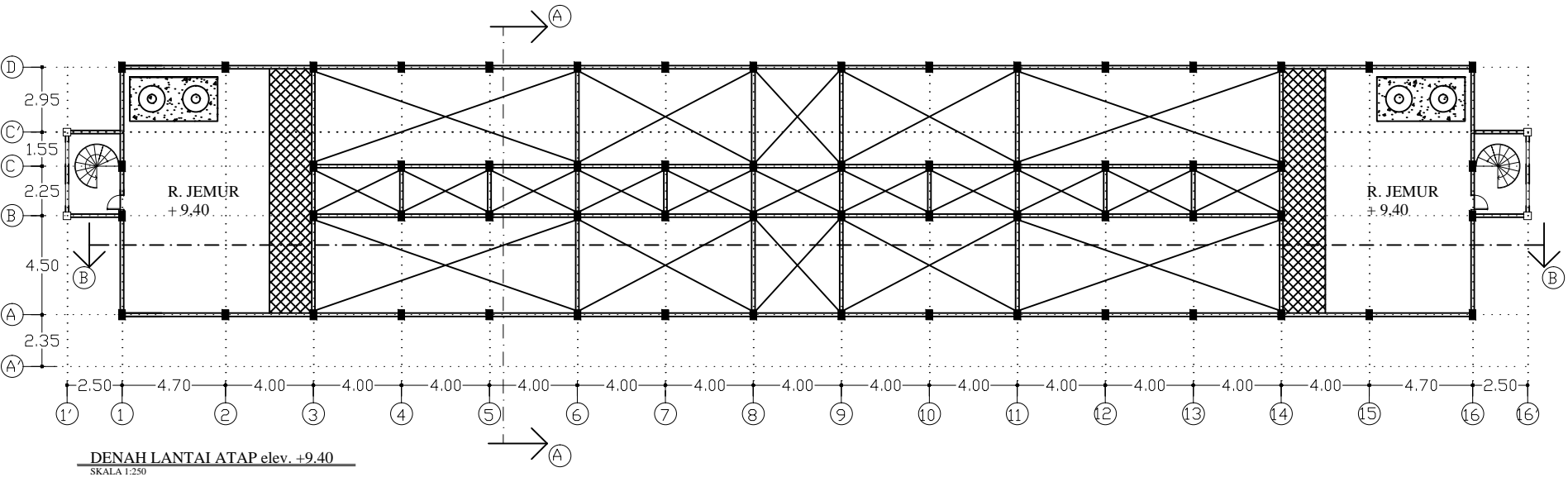
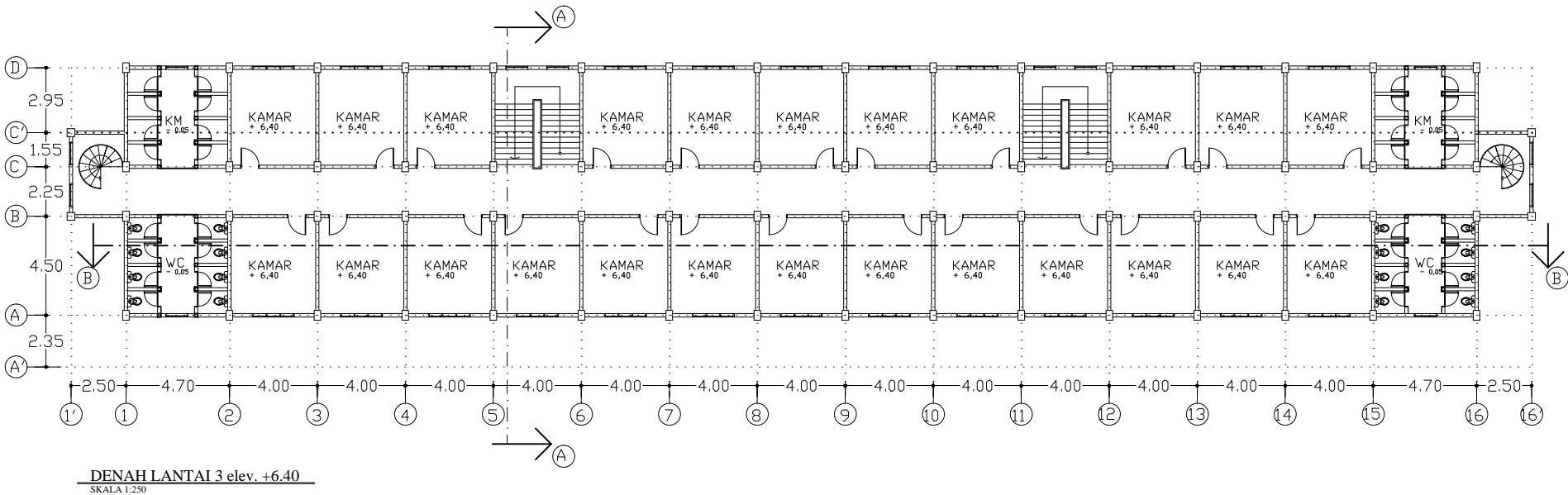
1 : 250

KODE GBR

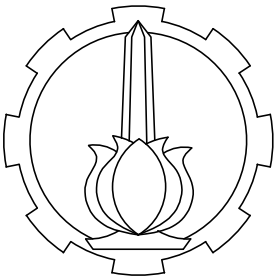
ARS

NO GBR

05







INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A & B-B

SKALA

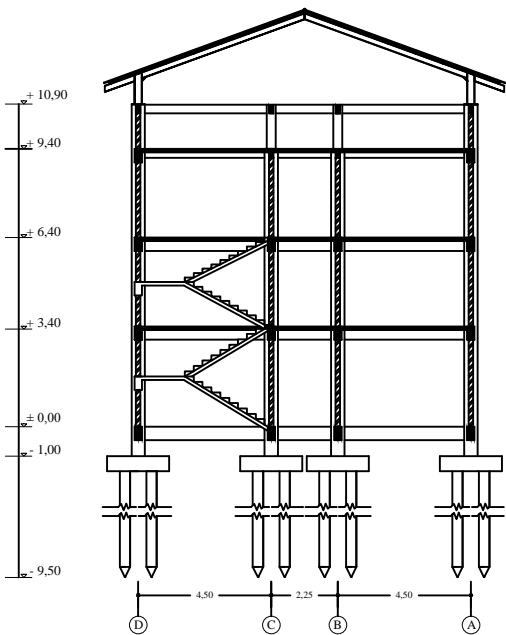
1 : 250

KODE GBR

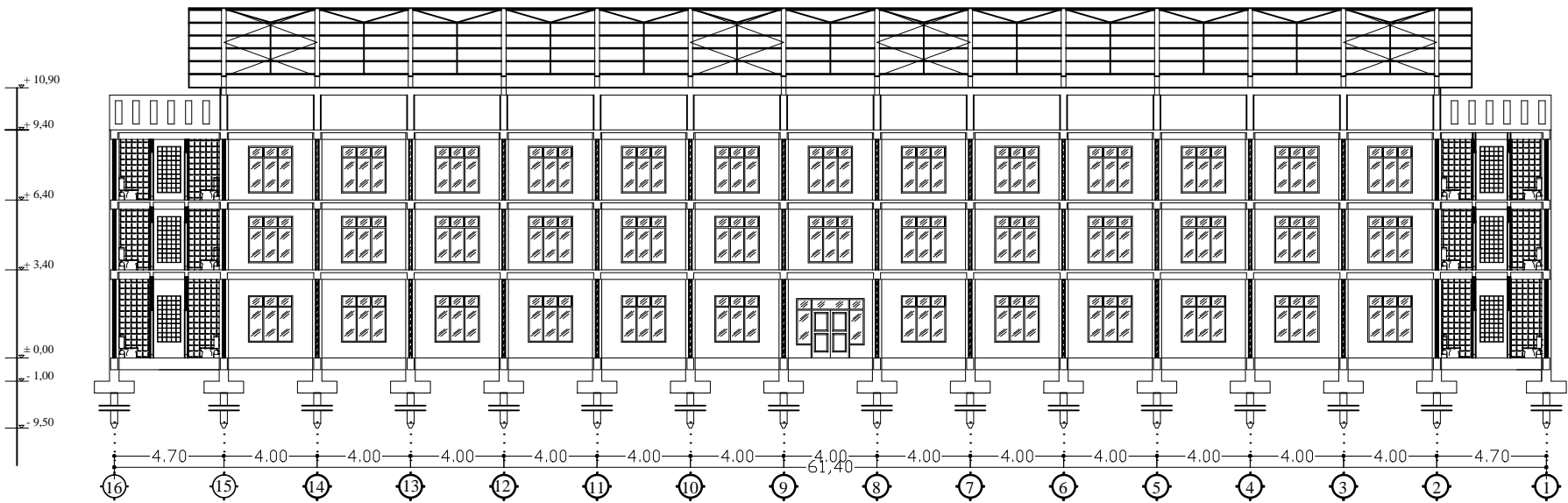
ARS

NO GBR

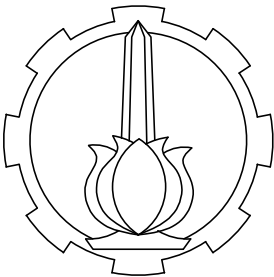
06



POTONGAN A-A  
SKALA 1:250



POTONGAN B-B  
SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH PONDASI &  
SLOOF

SKALA

1 : 250

KODE GBR

STR

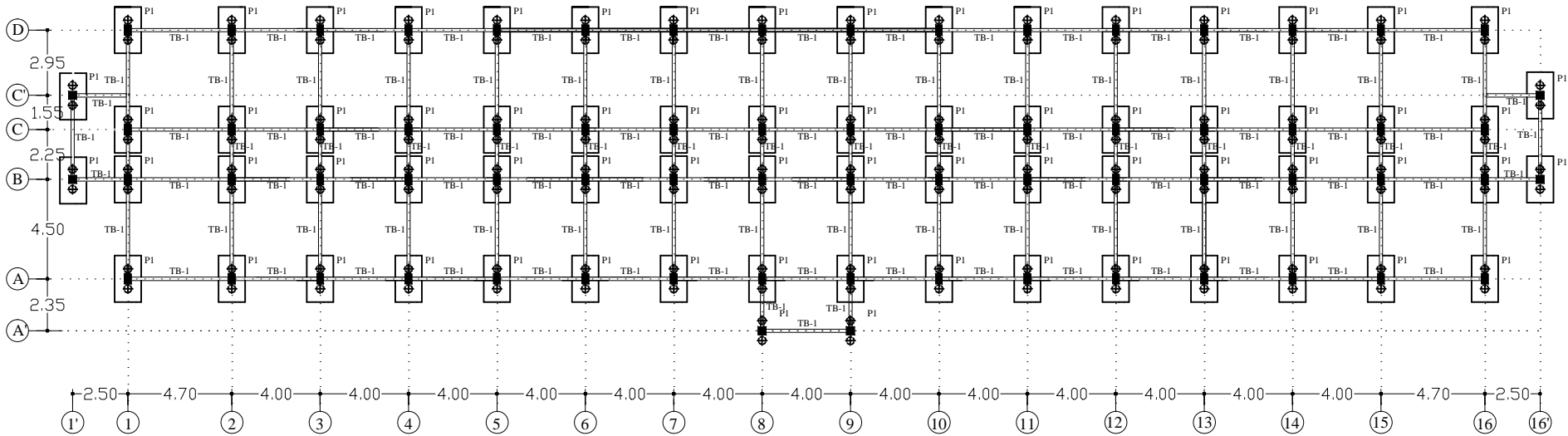
NO GBR

07

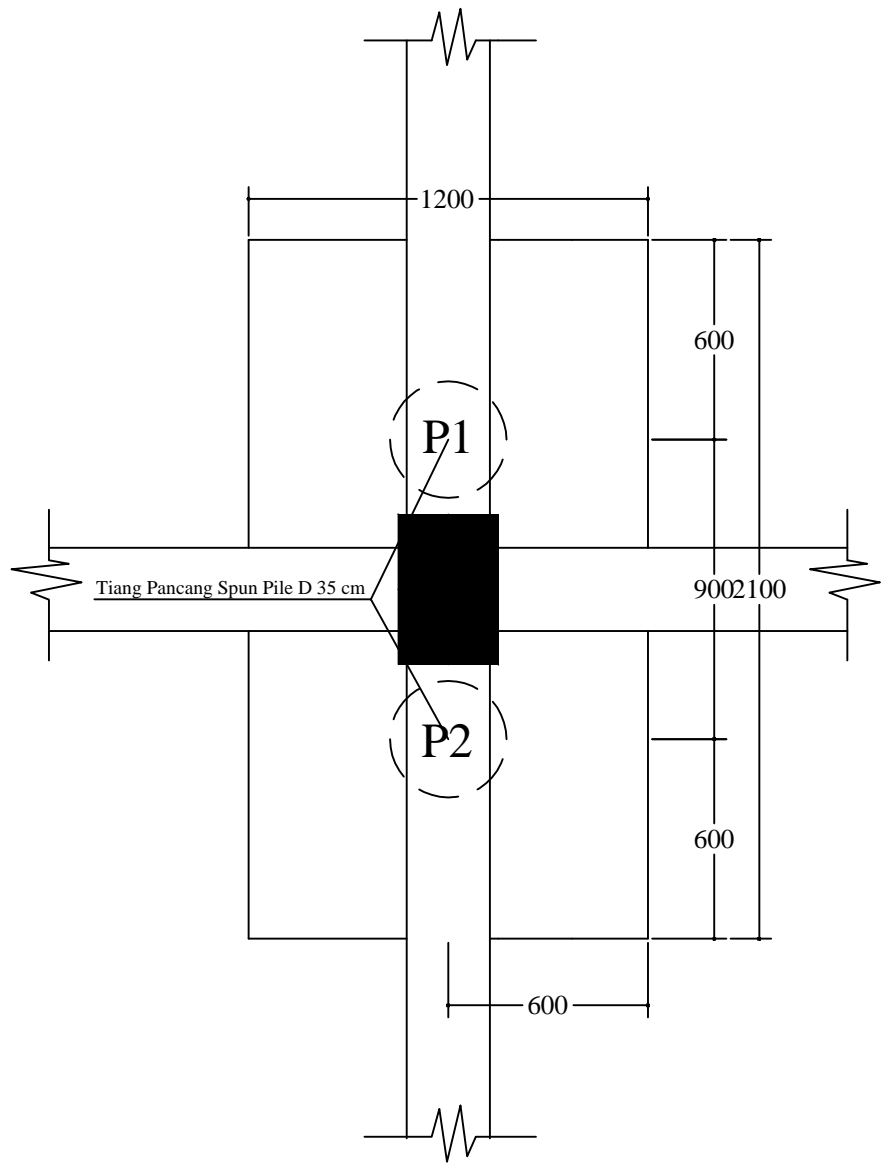
RESUME POER					
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)			JUMLAH
		Tebal	B	H	
1	P1	500	1200	2100	68
JUMLAH TOTAL					68

RESUME TIANG PANCANG			
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)	JUMLAH
1	P1	SPUN PILE D35	68
2	P2	SPUN PILE D35	68
JUMLAH TOTAL			136

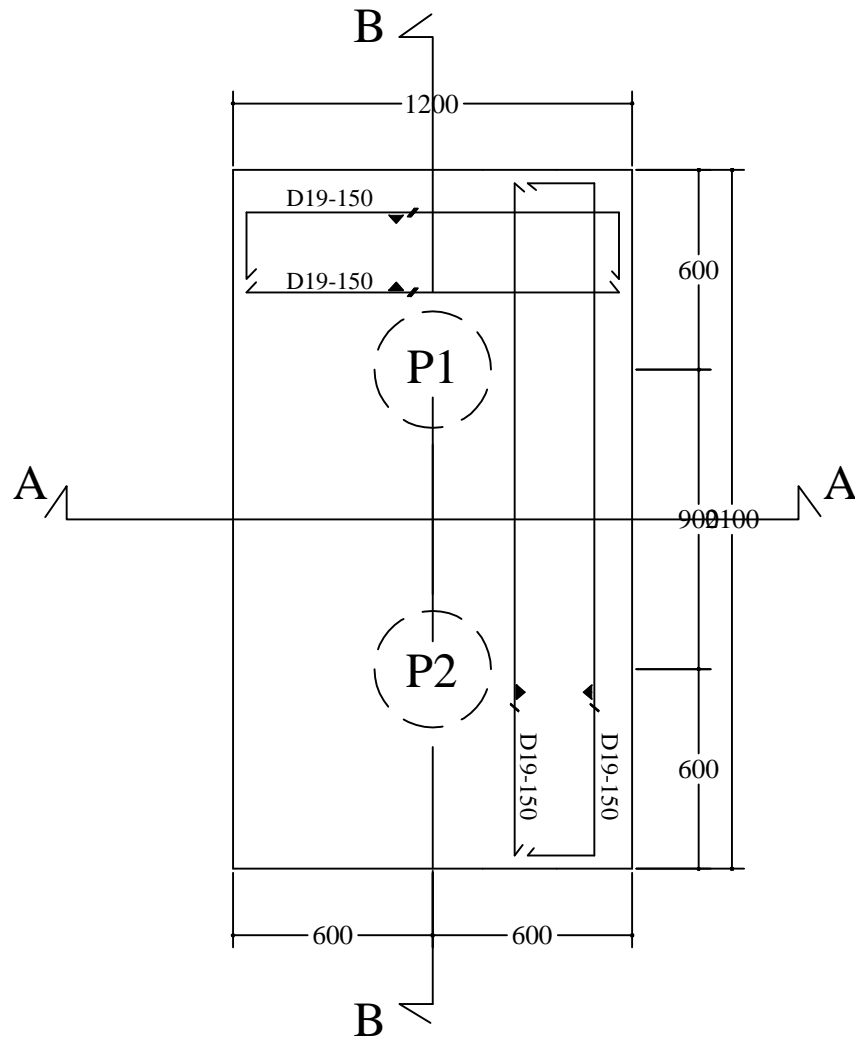
RESUME BALOK SLOOF					
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)			JUMLAH
		B	H	L	
1	TB-1	250	450	4700	8
				4500	32
				4000	53
				3800	2
				2500	4
				2350	2
				2250	16
JUMLAH TOTAL					117



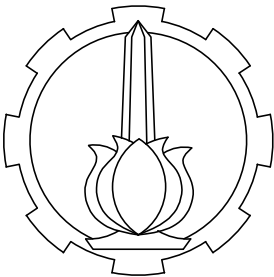
DENAH PONDASI DAN SLOOF  
SKALA 1:250



DETAIL PONDASI P1  
SKALA 1:10



PENULANGAN POER P1  
SKALA 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL PONDASI &  
PENULANGAN POER

SKALA

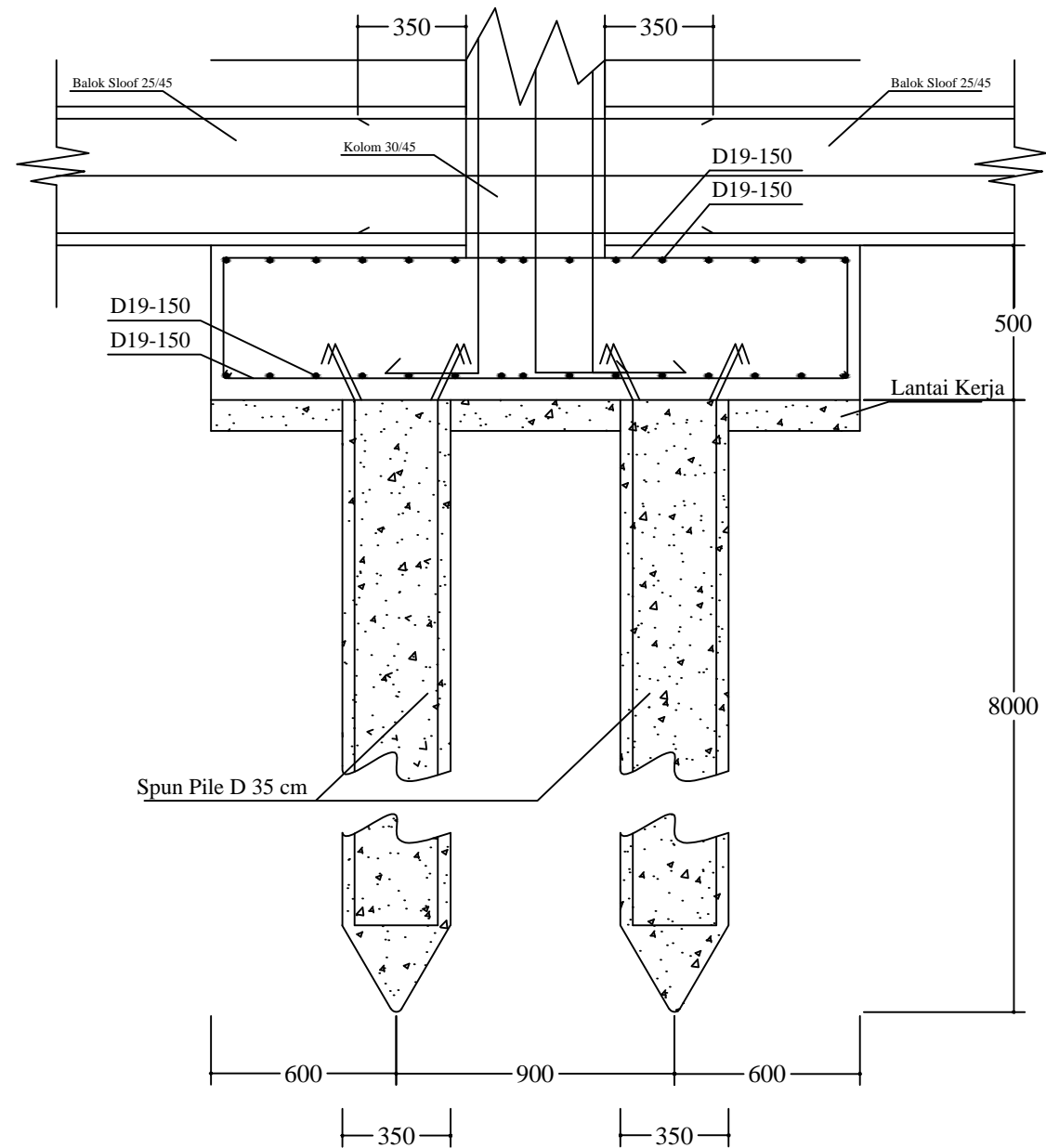
1 : 10

KODE GBR

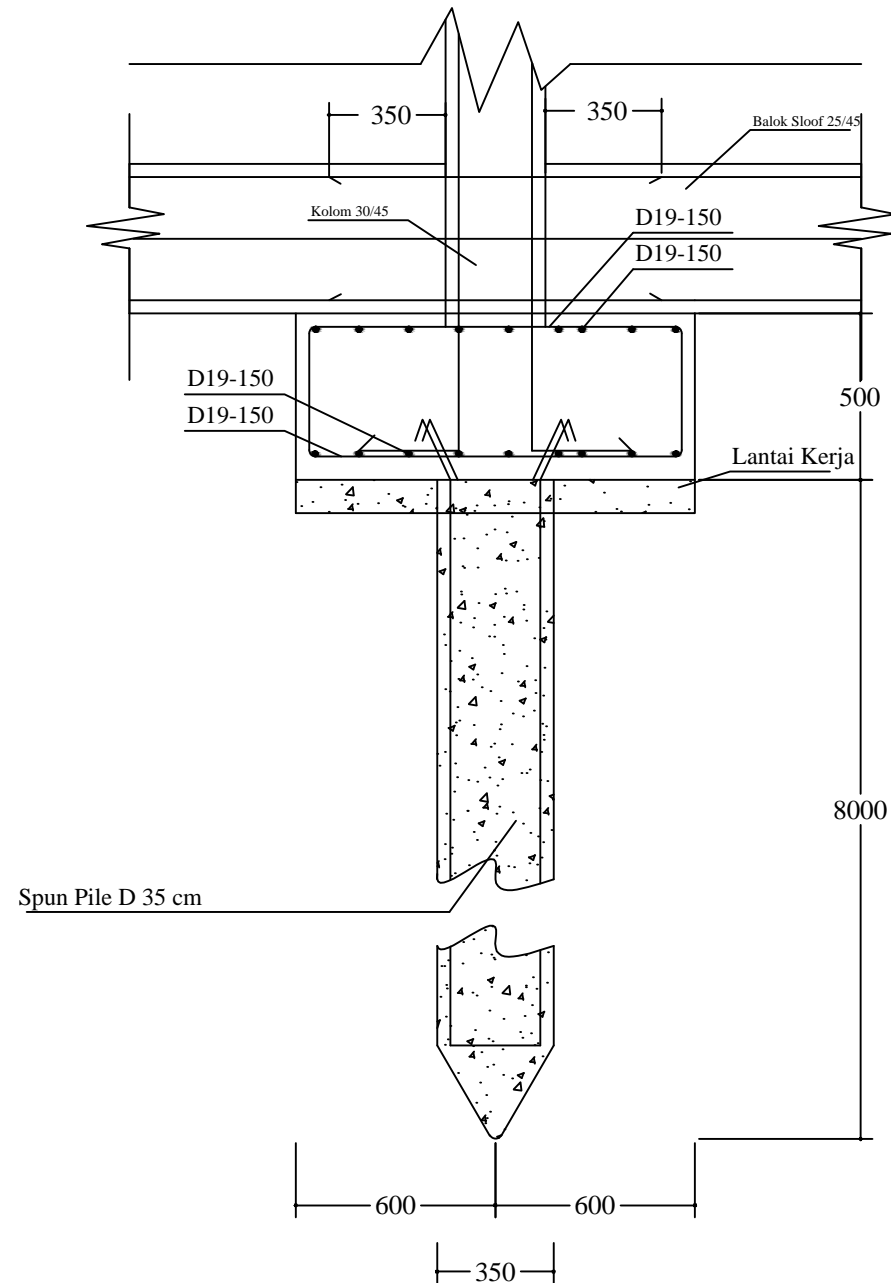
STR

NO GBR

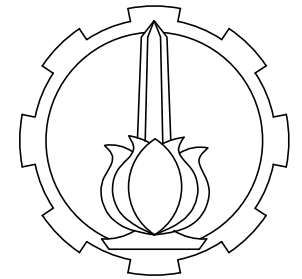
08



POTONGAN B-B POER  
SKALA 1:10



POTONGAN A-A POER  
SKALA 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

#### JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

#### DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

#### NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

#### KETERANGAN

#### REVISI

#### JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A & B-B  
POER

#### SKALA

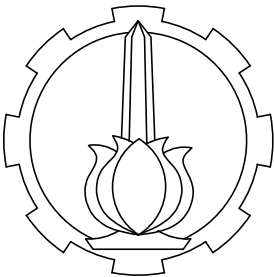
1 : 10

#### KODE GBR

STR

#### NO GBR

09



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LANTAI 1 elev. ±0.00  
& LANTAI 2 elev +3.40

SKALA

1 : 250

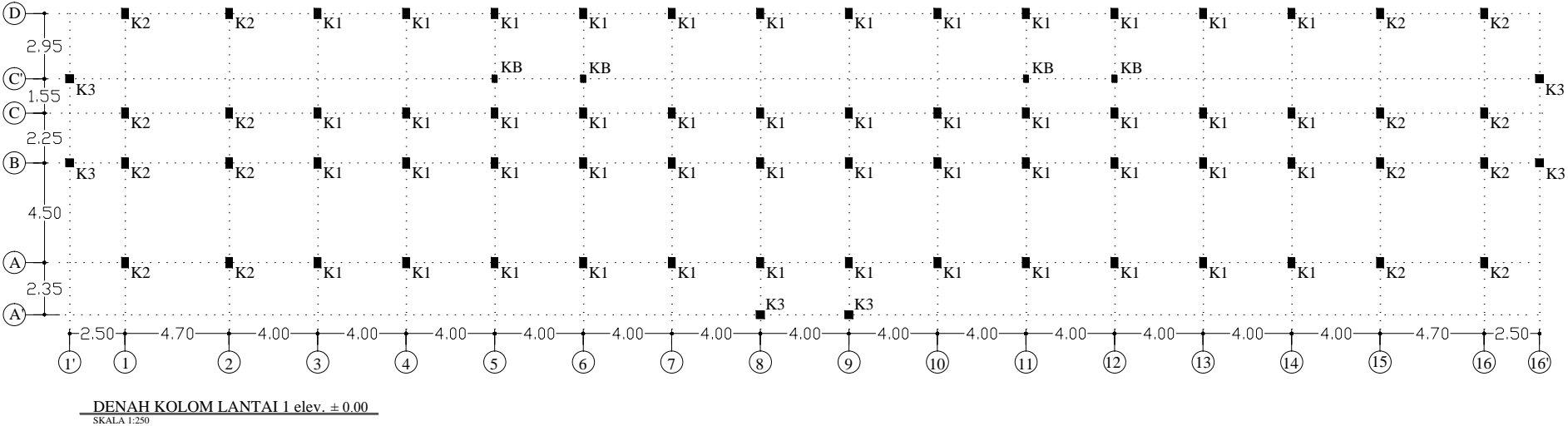
KODE GBR

STR

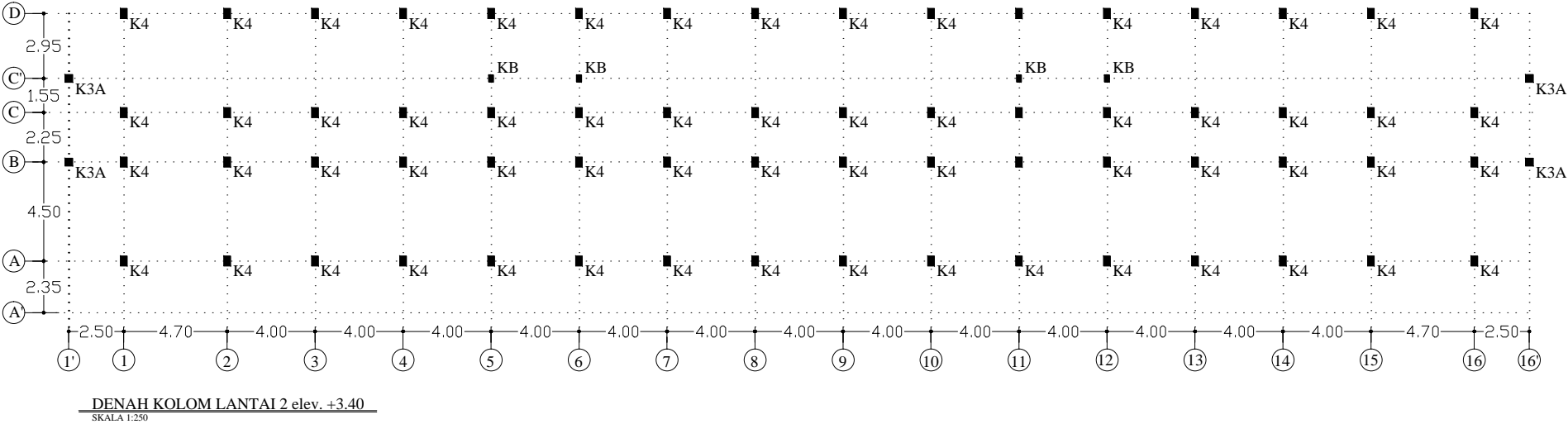
NO GBR

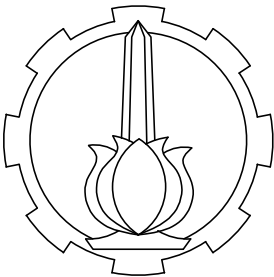
10

RESUME KOLOM LT. 1				
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)		JUMLAH
		B	H	
1	K1	300	450	48
2	K2	300	450	16
3	K3	350	350	6
4	K4	200	300	4
JUMLAH TOTAL				74



RESUME KOLOM LT. 2				
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)		JUMLAH
		B	H	
1	K3A	350	350	4
2	K4	300	450	64
3	KB	200	300	4
JUMLAH TOTAL				72





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM LANTAI 3 elev. +6.40  
& LANTAI ATAP elev. +9.40

SKALA

1 : 250

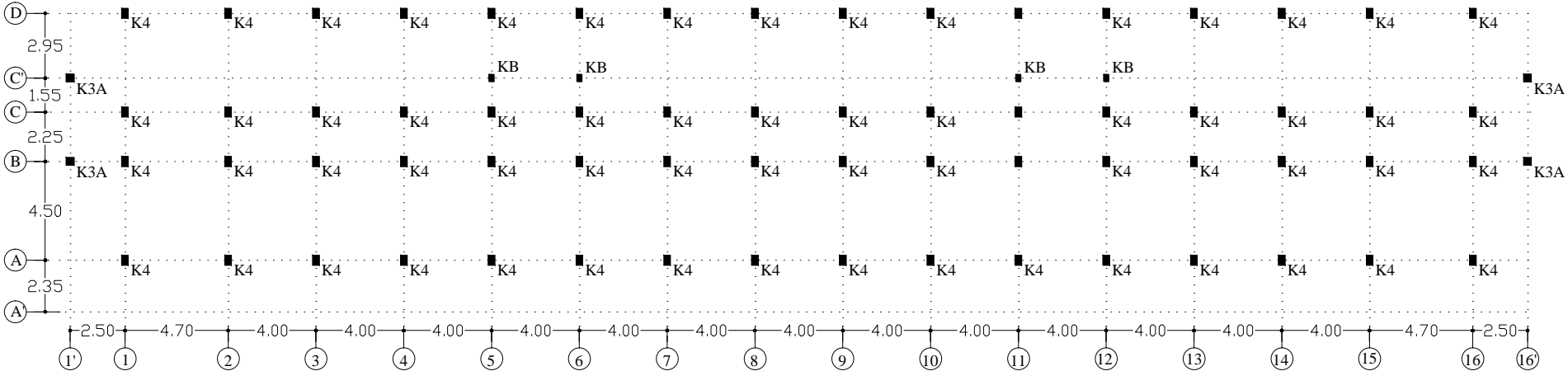
KODE GBR

STR

NO GBR

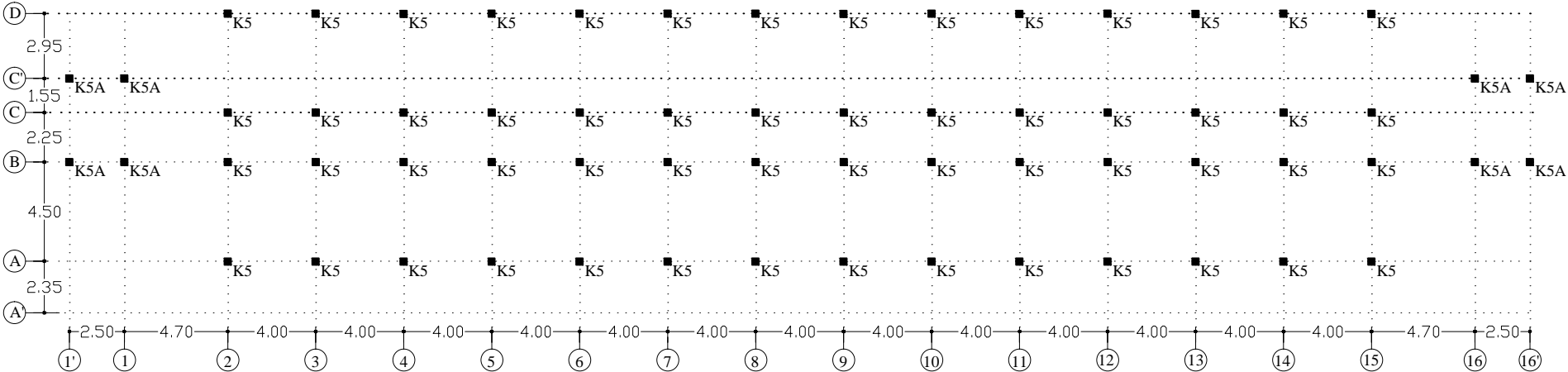
11

RESUME KOLOM LT. 3				
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)		JUMLAH
		B	H	
1	K3A	350	350	4
2	K4	300	450	64
JUMLAH TOTAL				68

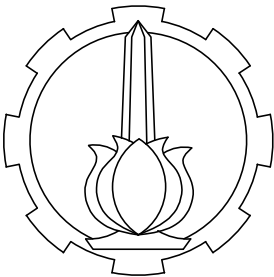


DENAH KOLOM LANTAI 3 elev. +6.40  
SKALA 1:250

RESUME KOLOM LT. DAK				
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)		JUMLAH
		B	H	
1	K5	300	300	60
2	K5A	300	300	8
JUMLAH TOTAL				68



DENAH KOLOM LANTAI ATAP elev. +9.40  
SKALA 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI 2 elev. +3.40  
& LANTAI 3 elev. +6.40

SKALA

1 : 250

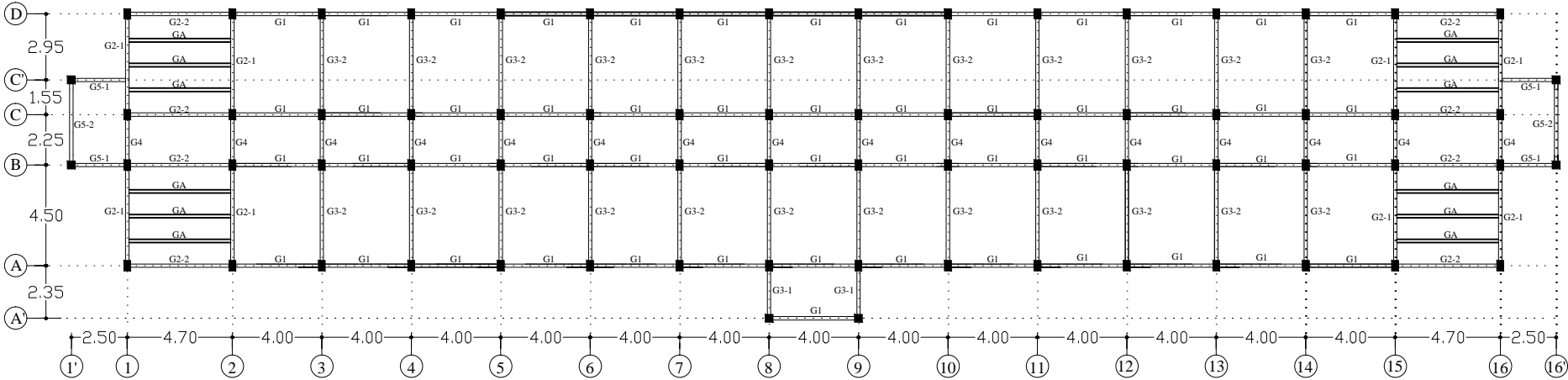
KODE GBR

STR

NO GBR

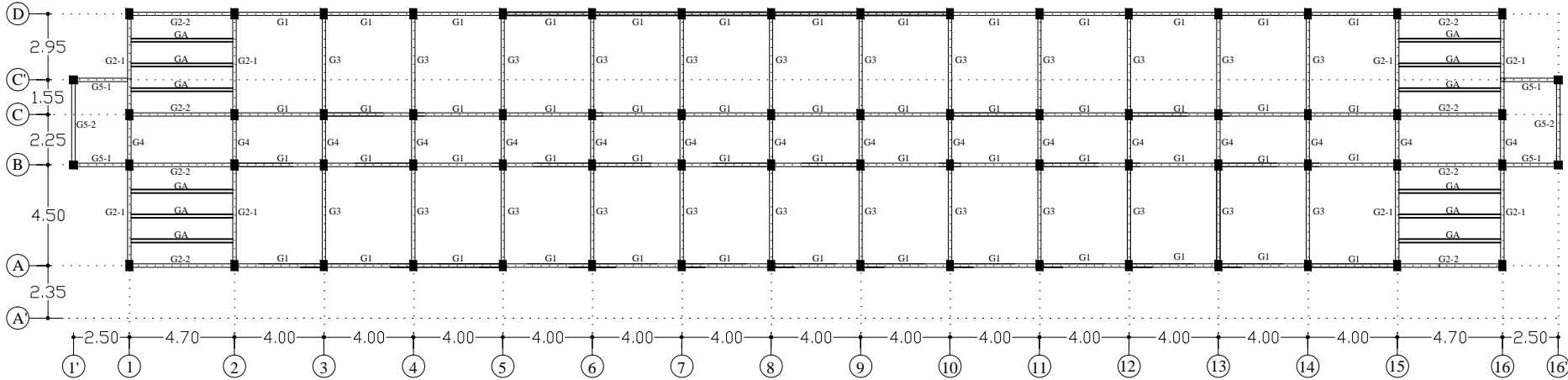
12

RESUME BALOK LT. 2					
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)			JUMLAH
		B	H	L	
1	G1	250	450	4000	53
2	G2-1	250	450	4500	8
3	G2-2	250	450	4700	8
4	G3-1	250	450	2350	2
5	G3-2	250	450	4500	24
6	G4	250	450	2250	16
7	G5-1	250	450	2500	4
8	G5-2	250	450	3800	2
9	GA	200	300	4700	12
JUMLAH TOTAL					129

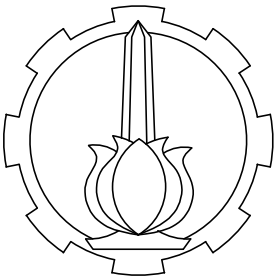


DENAH BALOK LANTAI 2 elev. +3.40  
SKALA 1:250

RESUME BALOK LT. 3					
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)			JUMLAH
		B	H	L	
1	G1	250	450	4000	53
2	G2-1	250	450	4500	8
3	G2-2	250	450	4700	8
4	G3	250	450	4500	24
5	G4	250	450	2250	16
6	G5-1	250	450	2500	4
7	G5-2	250	450	3800	2
8	GA	200	300	4700	12
JUMLAH TOTAL					127



DENAH BALOK LANTAI 3 elev. +6.40  
SKALA 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH BALOK LANTAI ATAP  
elev. +9.40 & elev. +10.90

SKALA

1 : 250

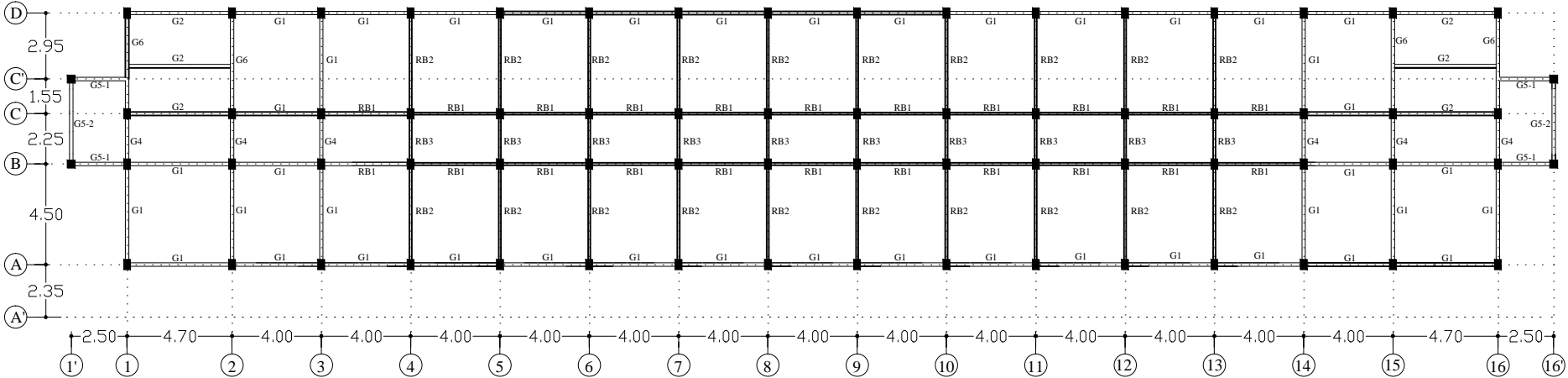
KODE GBR

STR

NO GBR

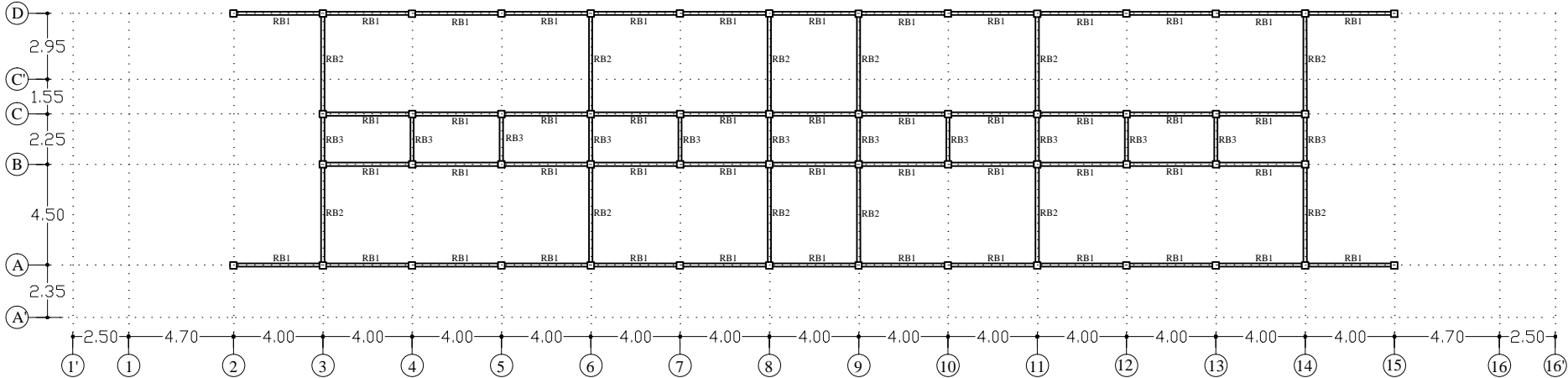
13

RESUME BALOK LT. DAK					
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)			JUMLAH
		B	H	L	
1	G1	250	450	4000	30
2	G2	250	450	4700	6
3	G4	250	450	3000	6
4	G5-1	250	450	2500	4
5	G5-2	250	450	3800	2
6	G6	300	600	4500	4
7	RB 1	150	300	4000	22
8	RB 2	150	300	4500	20
9	RB 3	150	300	3000	10
JUMLAH TOTAL					104



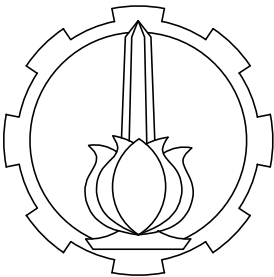
DENAH BALOK LANTAI ATAP elev. +9.40  
SKALA 1:250

RESUME BALOK LT. ATAP				
NO.	TYPE	DIMENSI (mm)		
		B	H	L
1	RB 1	150	300	4000
2	RB 2	150	300	4500
3	RB 3	150	300	2250
JUMLAH TOTAL				72



DENAH BALOK LANTAI ATAP elev. + 10.90  
SKALA 1:250





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

ALUR PEMASANGAN  
BALOK PRACETAK LANTAI 2  
elev. +3.40 & LANTAI 3 elev. +6.40

SKALA

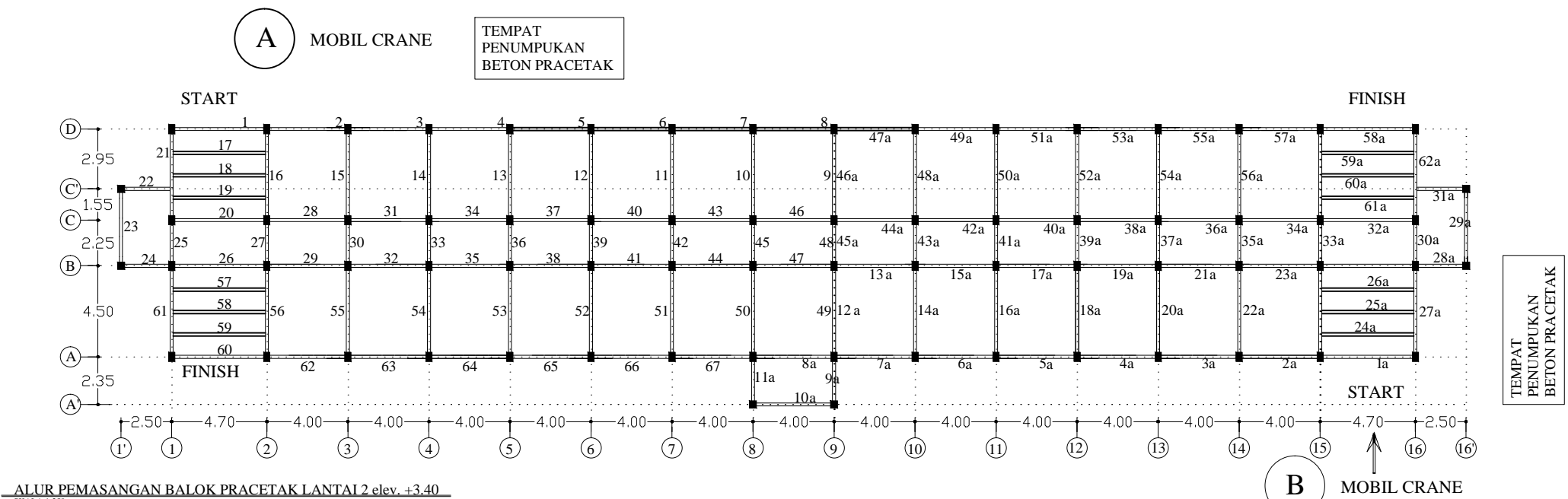
1 : 250

KODE GBR

STR

NO GBR

14

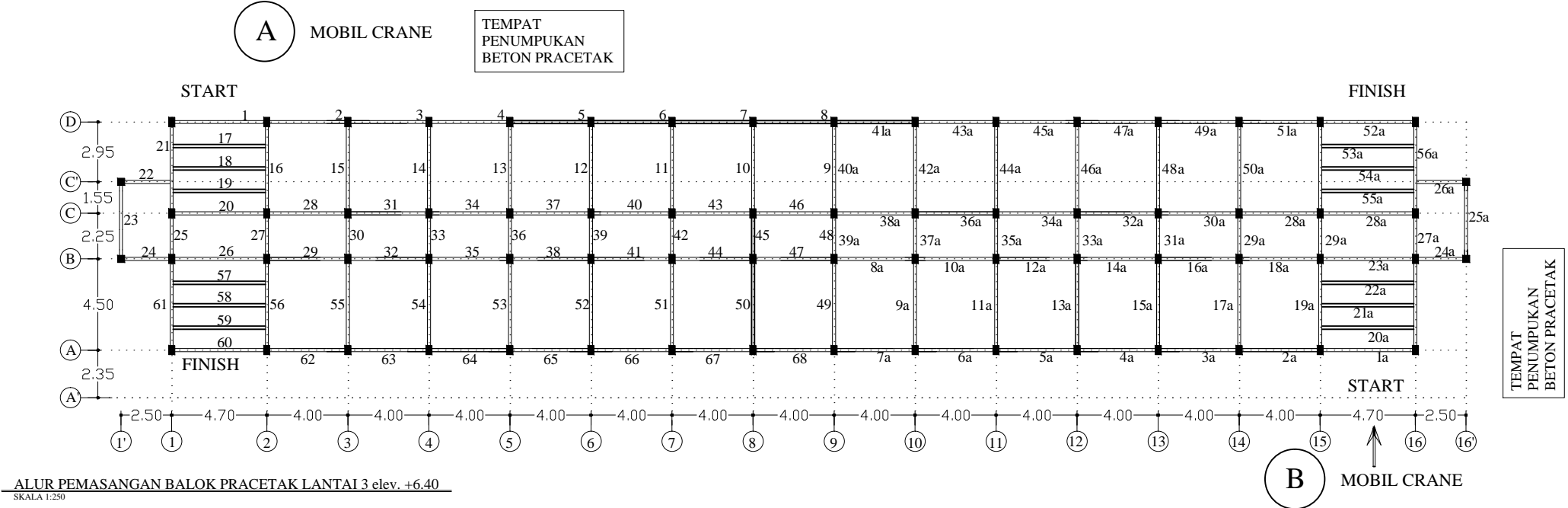


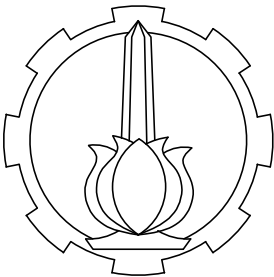
KET. MOBIL CRANE		
ELEV. +3.40	Load (t)	Working Radius (m)
Capacity Max	20	28.7
Capacity Min	-	6.6

KET. MOBIL CRANE		
ELEV. +6.40	Load (t)	Working Radius (m)
Capacity Max	12	28.7
Capacity Min	-	6.6

RESUME BALOK PRACETAK LT. 2					
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			BERAT TOTAL (KG)
		B	H	L	
1	G1	250	450	3750	2400
2	G2-1	250	450	4250	2400
3	G2-2	250	450	4450	2400
4	G3-1	250	450	2100	2400
5	G3-2	250	450	4250	2400
6	G4	250	450	2000	2400
7	G5-1	250	450	2250	2400
8	G5-2	250	450	3550	2400
9	GA	200	300	4500	2400
JUMLAH TOTAL					7830

RESUME BALOK PRACETAK LT. 3					
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			BERAT TOTAL (KG)
		B	H	L	
1	G1	250	450	3750	2400
2	G2-1	250	450	4250	2400
3	G2-2	250	450	4450	2400
4	G3	250	450	4250	2400
5	G4	250	450	2000	2400
6	G5-1	250	450	2250	2400
7	G5-2	250	450	3550	2400
8	GA	200	300	4500	2400
JUMLAH TOTAL					7263





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

ALUR PEMASANGAN  
BALOK PRACETAK LANTAI ATAP  
elev. +9.40 & elev.+10.90

SKALA

1 : 250

KODE GBR

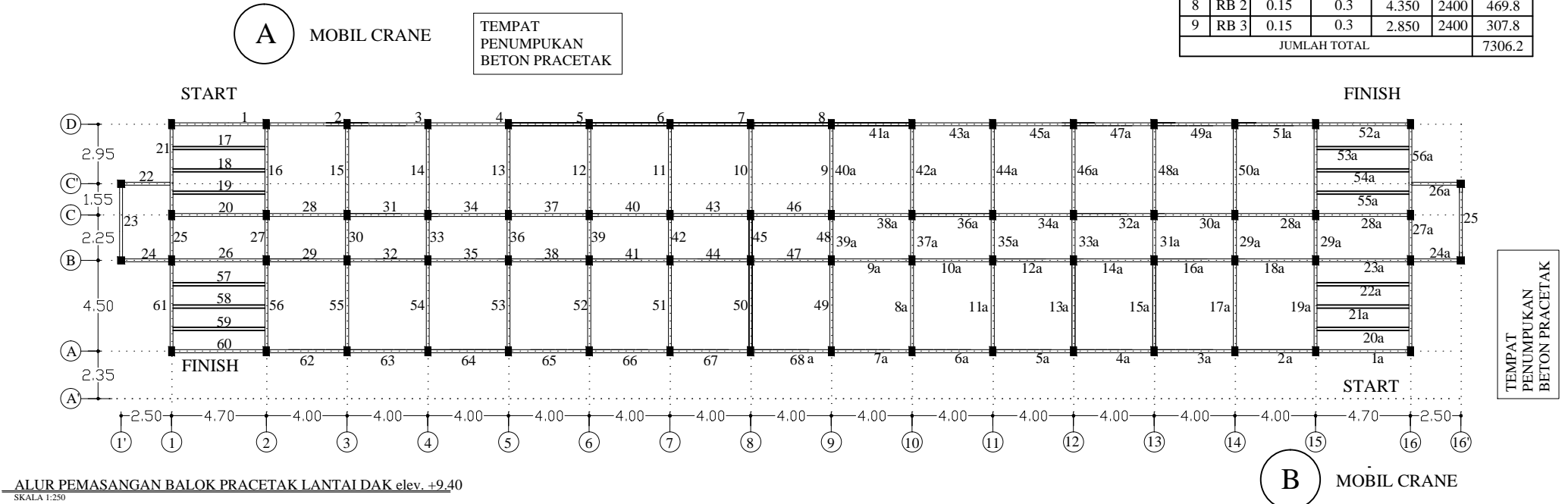
STR

NO GBR

15

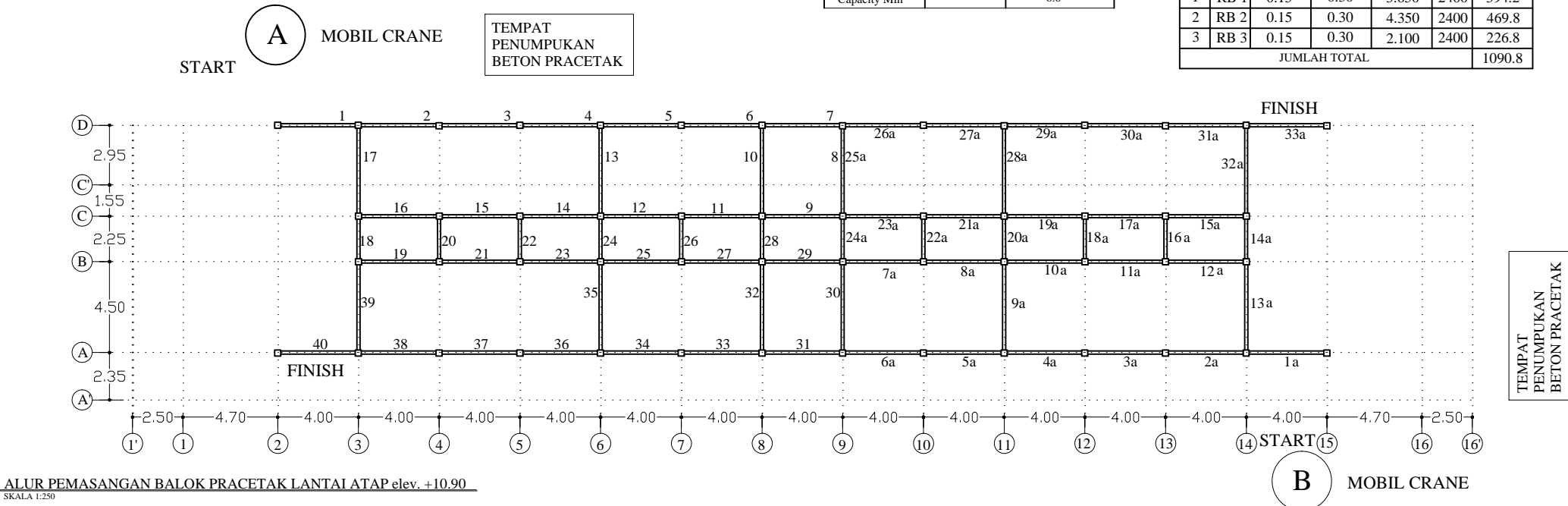
KET. MOBIL CRANE		
ELEV. +9.40	Load (t)	Working Radius (m)
Capacity Max	3.2	28.7
Capacity Min	-	6.6

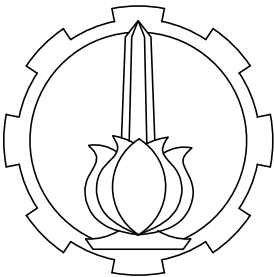
RESUME BALOK LT. DAK						
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			BJ BETON (KG/M3)	BERAT TOTAL (KG)
		B	H	L		
1	G1	0.25	0.45	3.750	2400	1012.5
2	G2	0.25	0.45	4.450	2400	1201.5
3	G4	0.25	0.45	2.000	2400	540
4	G5-1	0.25	0.45	2.250	2400	607.5
5	G5-2	0.25	0.45	3.550	2400	958.5
6	G6	0.3	0.6	4.200	2400	1814.4
7	RB 1	0.15	0.3	3.650	2400	394.2
8	RB 2	0.15	0.3	4.350	2400	469.8
9	RB 3	0.15	0.3	2.850	2400	307.8
JUMLAH TOTAL						7306.2



KET. MOBIL CRANE		
ELEV. +10.90	Load (t)	Working Radius (m)
Capacity Max	2.5	28.7
Capacity Min	-	6.6

RESUME BALOK PRACETAK LT. ATAP						
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			BJ BETON (KG/M3)	BERAT TOTAL (KG)
		B	H	L		
1	RB 1	0.15	0.30	3.650	2400	394.2
2	RB 2	0.15	0.30	4.350	2400	469.8
3	RB 3	0.15	0.30	2.100	2400	226.8
JUMLAH TOTAL						1090.8





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT PRACETAK  
LANTAI 2 elev. +3.40 &  
LANTAI 3 elev. + 6.40

SKALA

1 : 250

KODE GBR

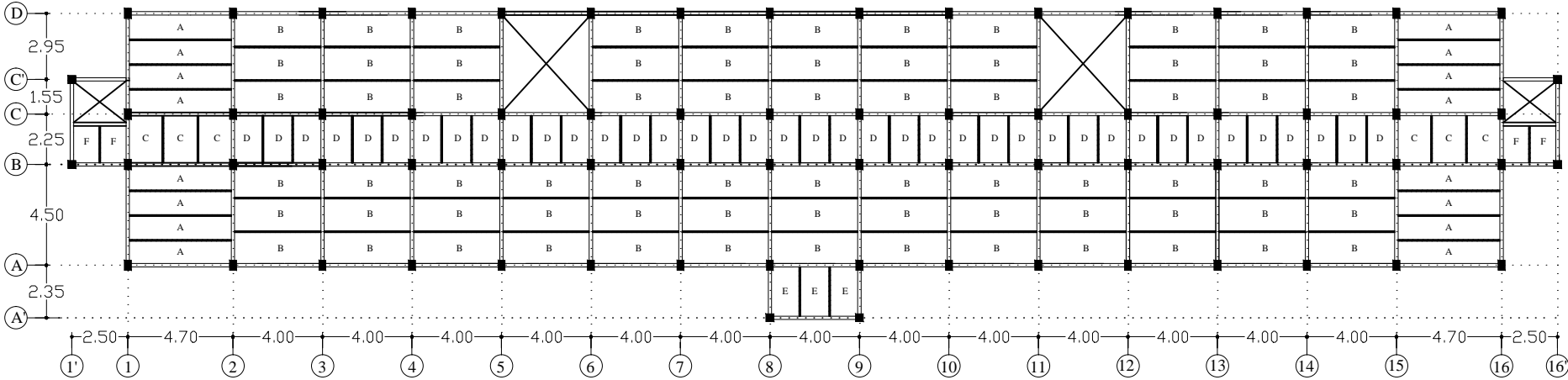
STR

NO GBR

16

Lx = Bentang Pendek
Ly = Bentang Panjang

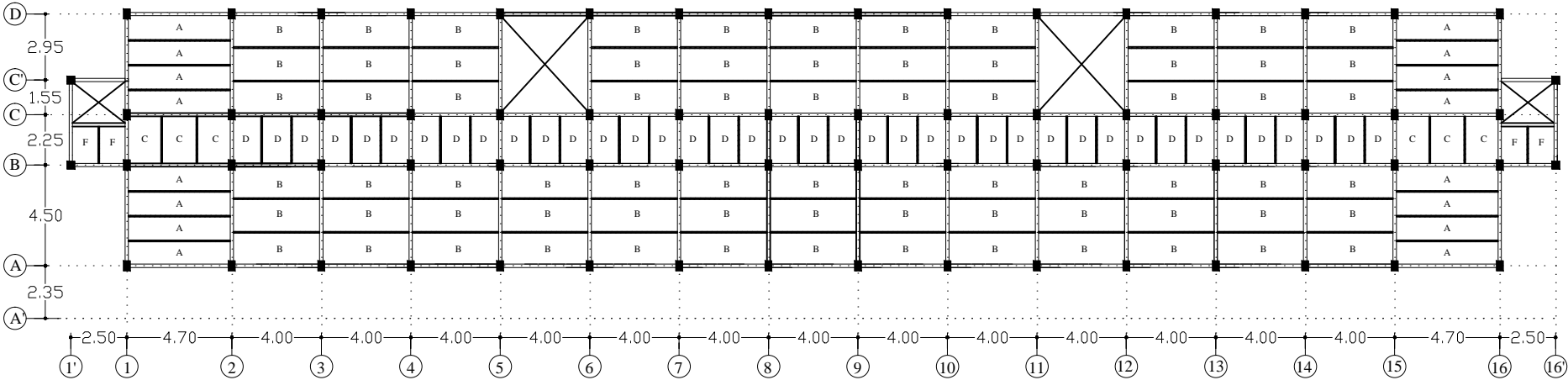
RESUME PELAT LANTAI. 2					
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			JUMLAH
		Tebal	Lx	Ly	
1	A	0,07	1,1	4,45	16
2	B	0,07	1,35	3,75	72
3	C	0,07	1,4	2	6
4	D	0,07	1,2	2	42
5	E	0,07	1,2	2,1	3
6	F	0,07	0,7	1,55	4
JUMLAH TOTAL					143



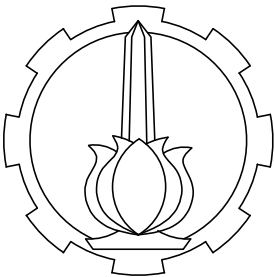
DENAH PELAT PRACETAK LANTAI 2 elev. + 3.40  
SKALA 1:250

Lx = Bentang Pendek
Ly = Bentang Panjang

RESUME PELAT LANTAI. 3					
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			JUMLAH
		Tebal	Lx	Ly	
1	A	0,07	1,1	4,45	16
2	B	0,07	1,35	3,75	72
3	C	0,07	1,4	2	6
4	D	0,07	1,2	2	42
5	E	0,07	1,2	2,1	3
6	F	0,07	0,7	1,55	4
JUMLAH TOTAL					143



DENAH PELAT PRACETAK LANTAI 3 elev. + 6.40  
SKALA 1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT PRACETAK  
LANTAI ATAP elev. +9.40

SKALA

1 : 250

KODE GBR

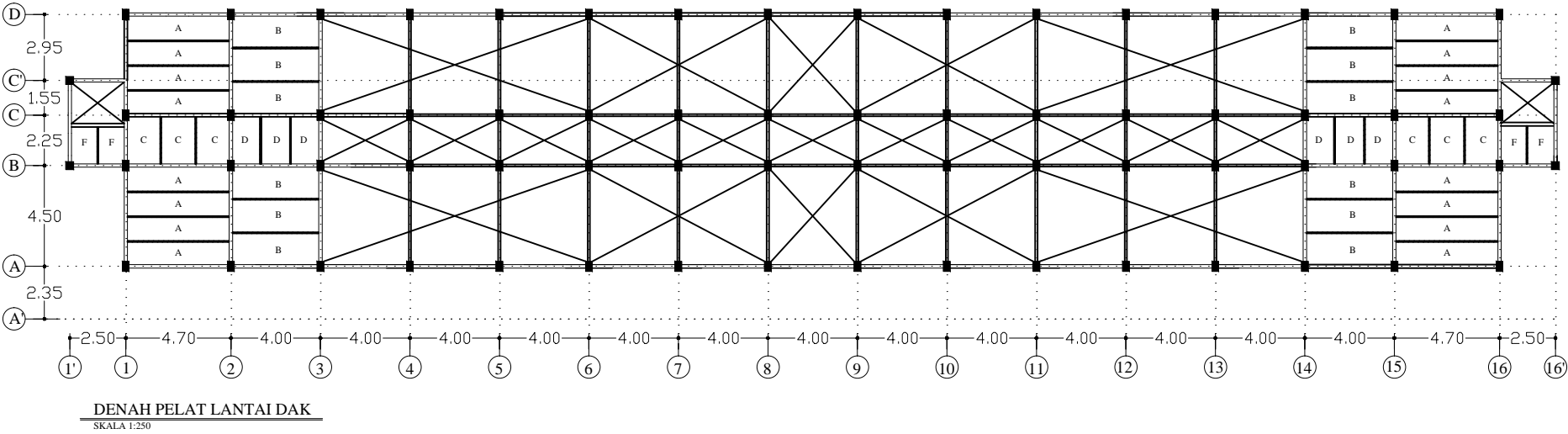
STR

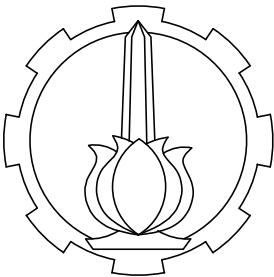
NO GBR

17

Lx = Bentang Pendek
Ly = Bentang Panjang

RESUME PELAT LANTAI. DAK					
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			JUMLAH
		Tebal	Lx	Ly	
1	A	0,07	1,1	4,45	16
2	B	0,07	1,35	3,75	12
3	C	0,07	1,4	2	6
4	D	0,07	1,2	2	6
6	F	0,07	0,7	1,55	4
JUMLAH TOTAL					44





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

ALUR PEMASANGAN  
PELAT PRACETAK LANTAI 2 elev +3.40  
& LANTAI 3 elev. +6.40

SKALA

1 : 250

KODE GBR

STR

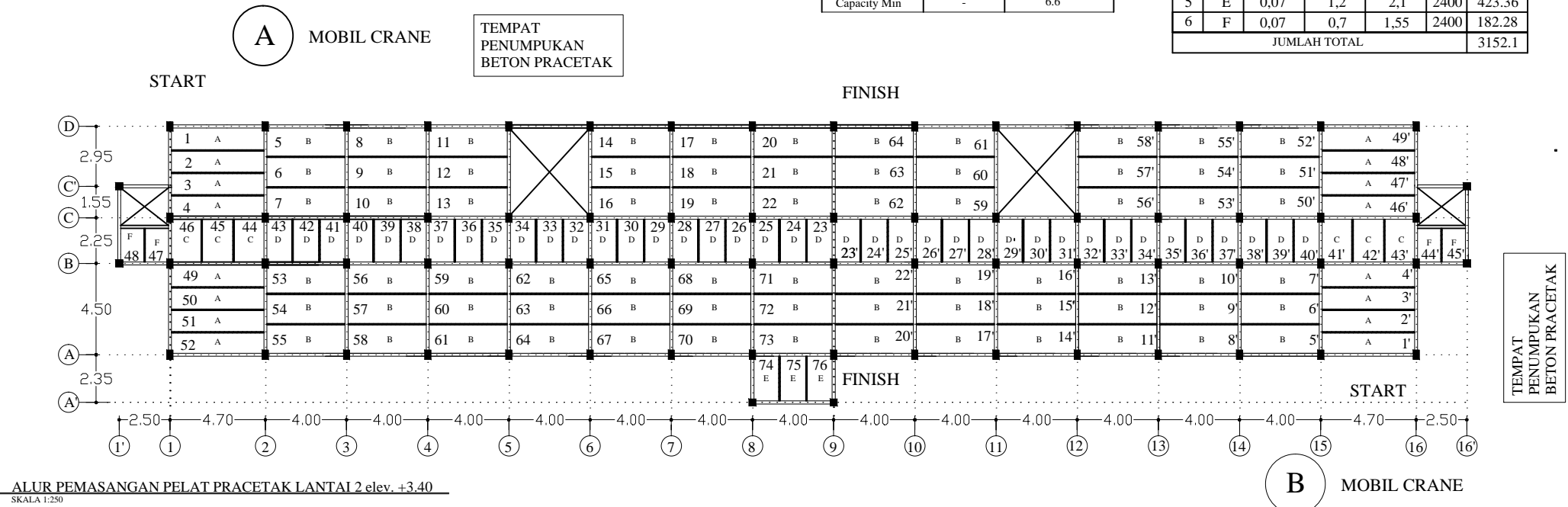
NO GBR

18

RESUME PELAT LANTAI. 2						
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			BJ BETON (KG/M3)	BERAT TOTAL (KG)
		Tebal	Lx	Ly		
1	A	0,07	1,1	4,45	2400	822.36
2	B	0,07	1,35	3,75	2400	850.5
3	C	0,07	1,4	2	2400	470.4
4	D	0,07	1,2	2	2400	403.2
5	E	0,07	1,2	2,1	2400	423.36
6	F	0,07	0,7	1,55	2400	182.28
JUMLAH TOTAL						3152.1

Lx = Bentang Pendek
Ly = Bentang Panjang

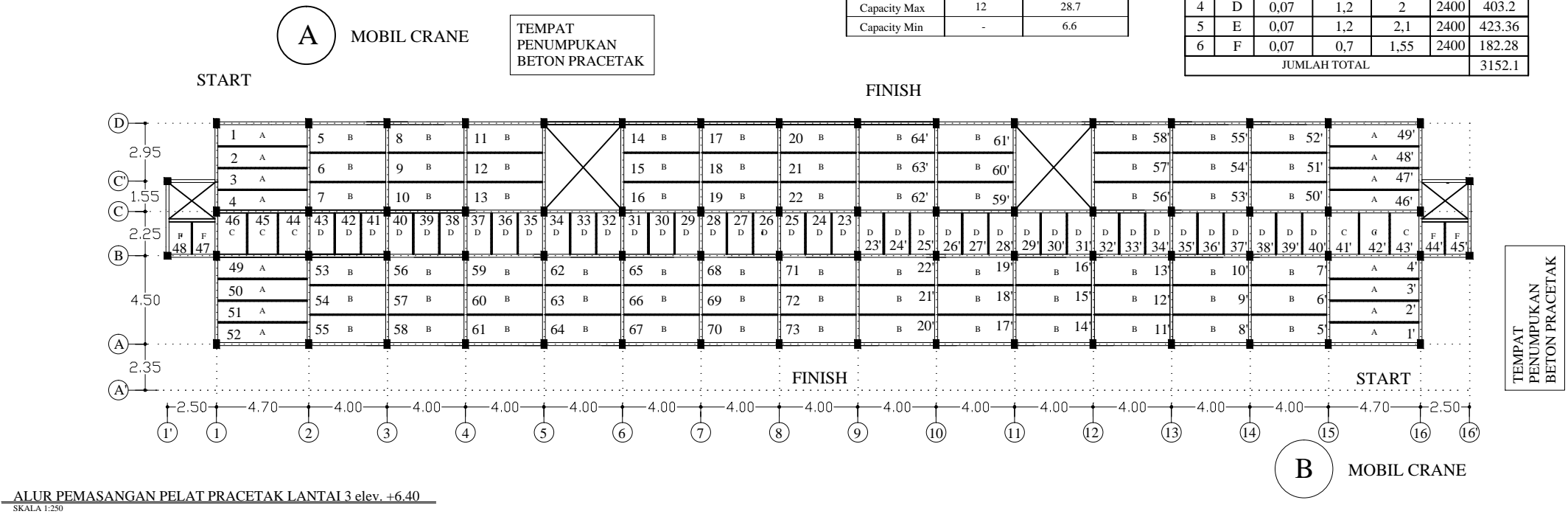
KET. MOBIL CRANE		
ELEV. +3.40	Load (t)	Working Radius (m)
Capacity Max	20	28.7
Capacity Min	-	6.6

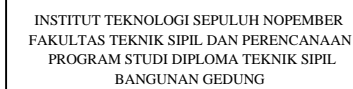


RESUME PELAT LANTAI. 3						
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			BJ BETON (KG/M3)	BERAT TOTAL (KG)
		Tebal	Lx	Ly		
1	A	0,07	1,1	4,45	2400	822.36
2	B	0,07	1,35	3,75	2400	850.5
3	C	0,07	1,4	2	2400	470.4
4	D	0,07	1,2	2	2400	403.2
5	E	0,07	1,2	2,1	2400	423.36
6	F	0,07	0,7	1,55	2400	182.28
JUMLAH TOTAL						3152.1

Lx = Bentang Pendek
Ly = Bentang Panjang

KET. MOBIL CRANE		
ELEV. +6.40	Load (t)	Working Radius (m)
Capacity Max	12	28.7
Capacity Min	-	6.6





PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

--	--


ALUR PEMASANGAN  
PELAT PRACETAK LANTAI ATAP  
elev. +9.40

1 : 250

1 : 250

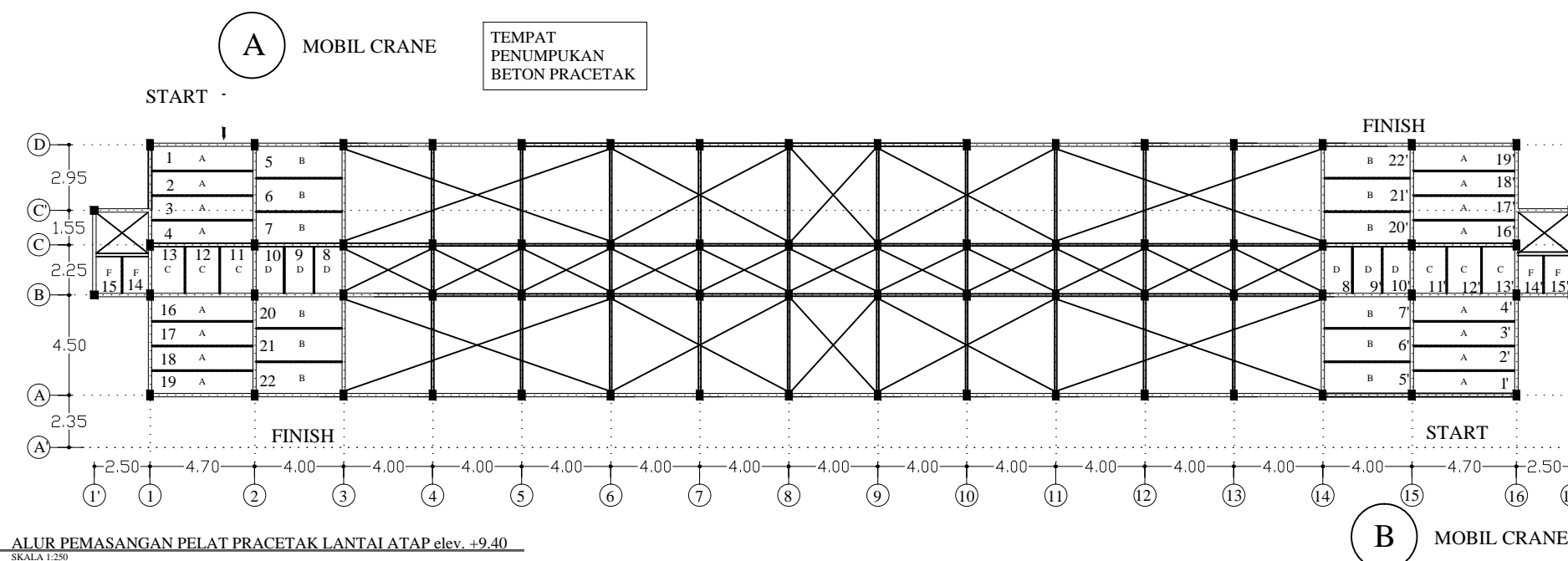
KODE GBR	NO GBR
----------	--------

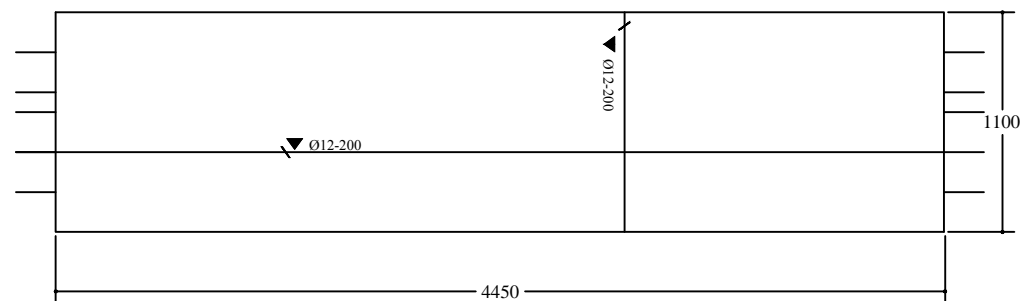
STR

19

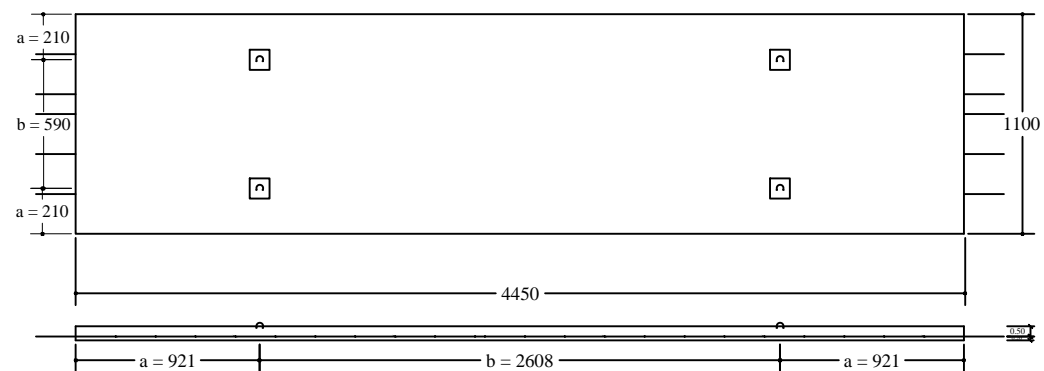
KET. MOBIL CRANE		
ELEV. +9,40	Load (t)	Working Radius (m)
Capacity Max	2.5	28.7
Capacity Min	-	6.6

RESUME PELAT LANTAI. DAK						
NO.	TYPE	DIMENSI (m)			BJ BETON (KG/M <sup>3</sup> )	BERAT TOTAL (KG)
		Tebal	Lx	Ly		
1	A	0,07	1,1	4,45	2400	822,3
2	B	0,07	1,35	3,75	2400	850,5
3	C	0,07	1,4	2	2400	470,4
4	D	0,07	1,2	2	2400	403,2
6	F	0,07	0,7	1,55	2400	423,3
					2400	182,2
JUMLAH TOTAL						3152,7

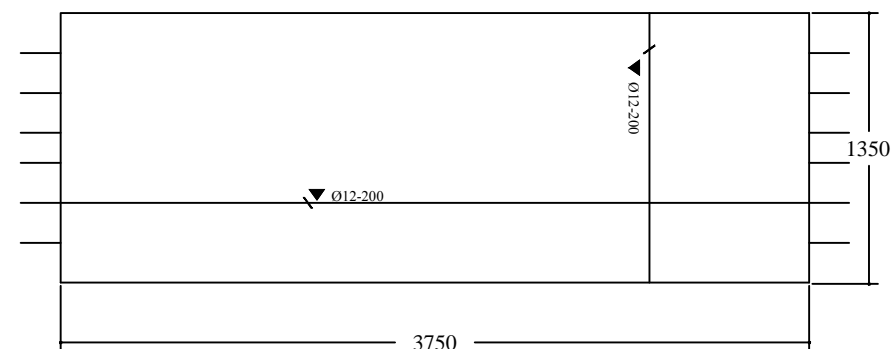




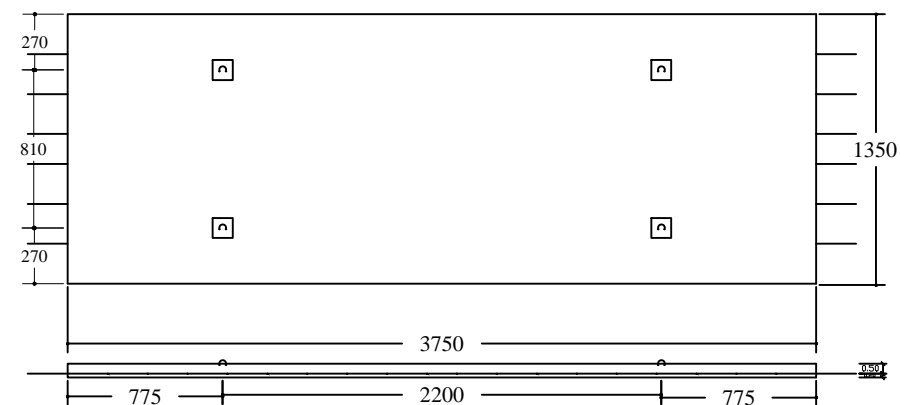
PENULANGAN PELAT PRACETAK TYPE A  
SKALA 1:20



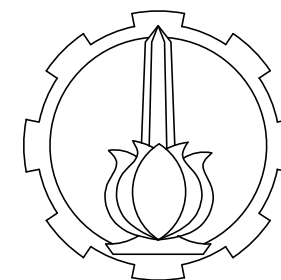
LETAK TITIK ANGKAT TYPE A  
SKALA 1:20



PENULANGAN PELAT PRACETAK TYPE B  
SKALA 1:20



LETAK TITIK ANGKAT TYPE B  
SKALA 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

#### JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

#### DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

#### NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

#### KETERANGAN

#### REVISI

#### JUDUL GAMBAR

PELAT PRACETAK TIPE A & B  
& LETAK TITIK ANGKAT

#### SKALA

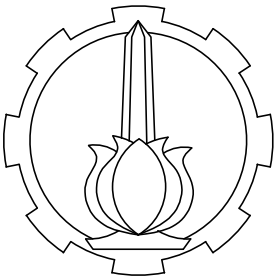
1 : 20

#### KODE GBR

STR

#### NO GBR

20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

PELAT PRACETAK TIPE C & D  
& LETAK TITIK ANGKAT

SKALA

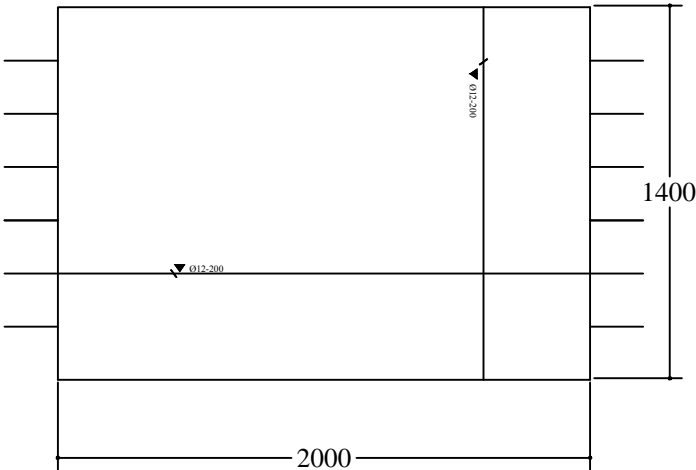
1 : 10

KODE GBR

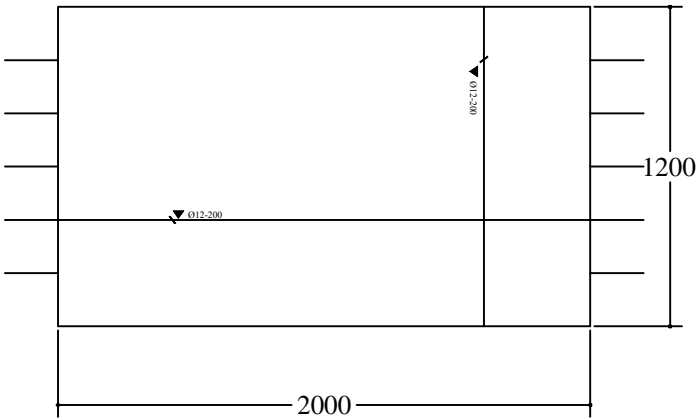
STR

NO GBR

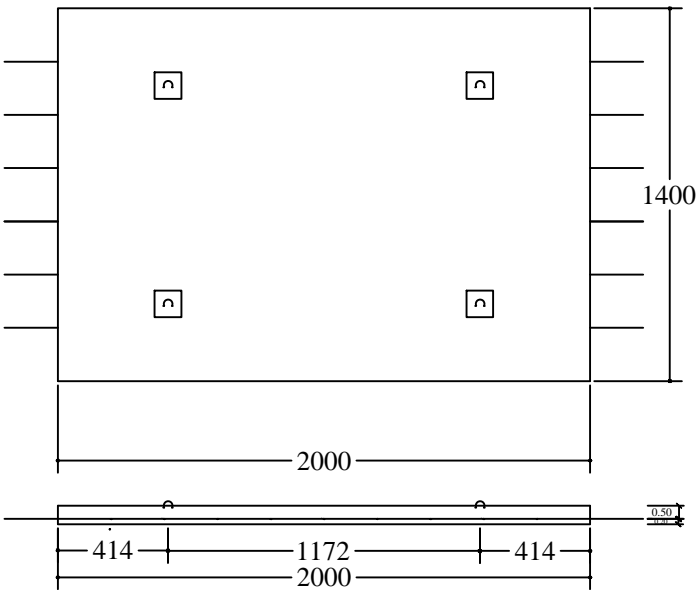
21



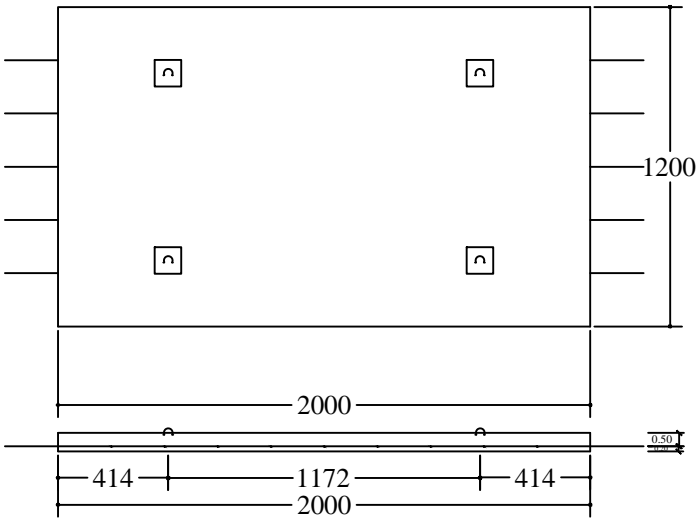
PELAT PRACETAK TYPE C  
SKALA 1:10



PELAT PRACETAK TYPE D  
SKALA 1:10

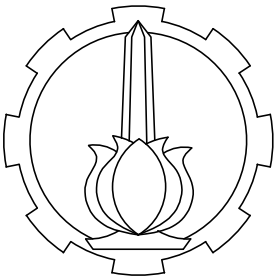


LETAK TITIK ANGKAT  
SKALA 1:10



LETAK TITIK ANGKAT  
SKALA 1:10





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI


JUDUL GAMBAR

PELAT PRACETAK TIPE E & F  
& LETAK TITIK ANGKAT

SKALA

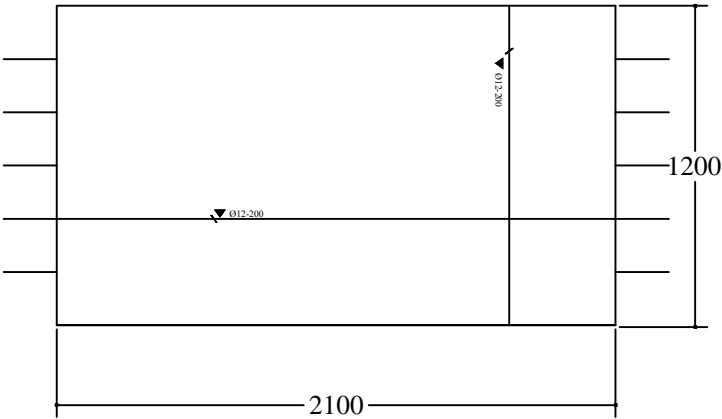
1 : 10

KODE GBR

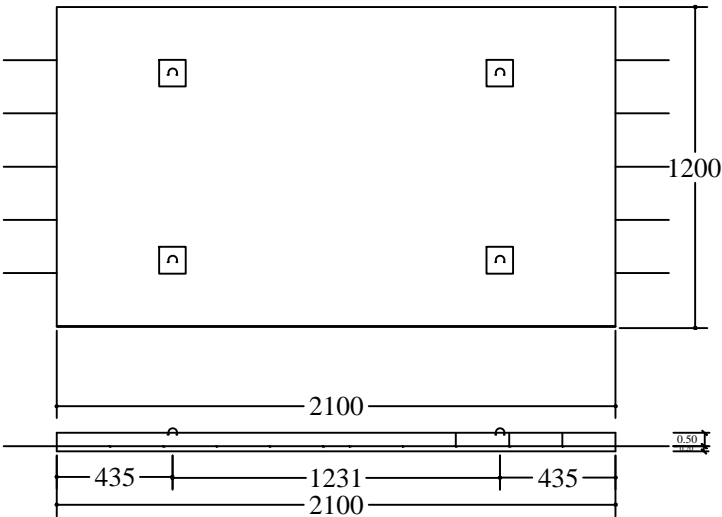
STR

NO GBR

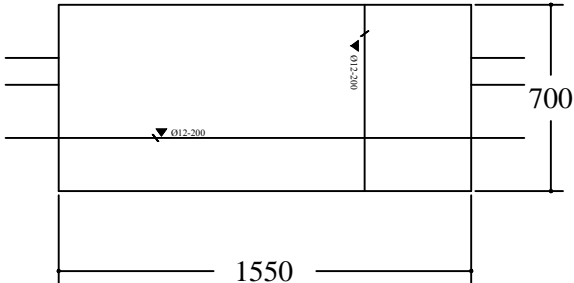
22



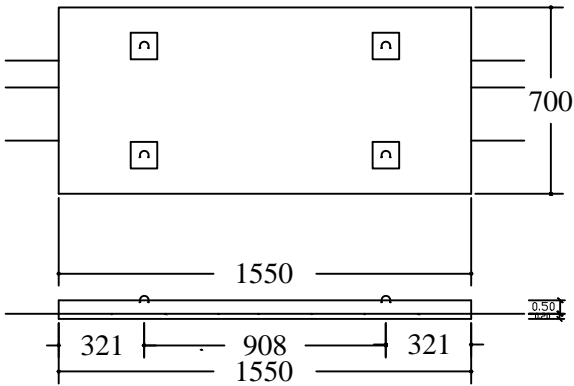
PELAT PRACETAK TYPE E  
SKALA 1:10



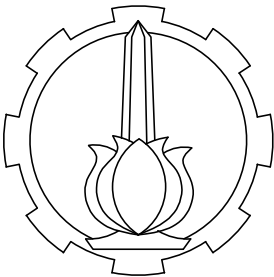
LETAK TITIK ANGKAT  
SKALA 1:10



PELAT PRACETAK TYPE F  
SKALA 1:10



LETAK TITIK ANGKAT  
SKALA 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

RENCANA TANGGA  
PENULANGAN PLAT TANGGA TYPE I  
& BORDES

SKALA

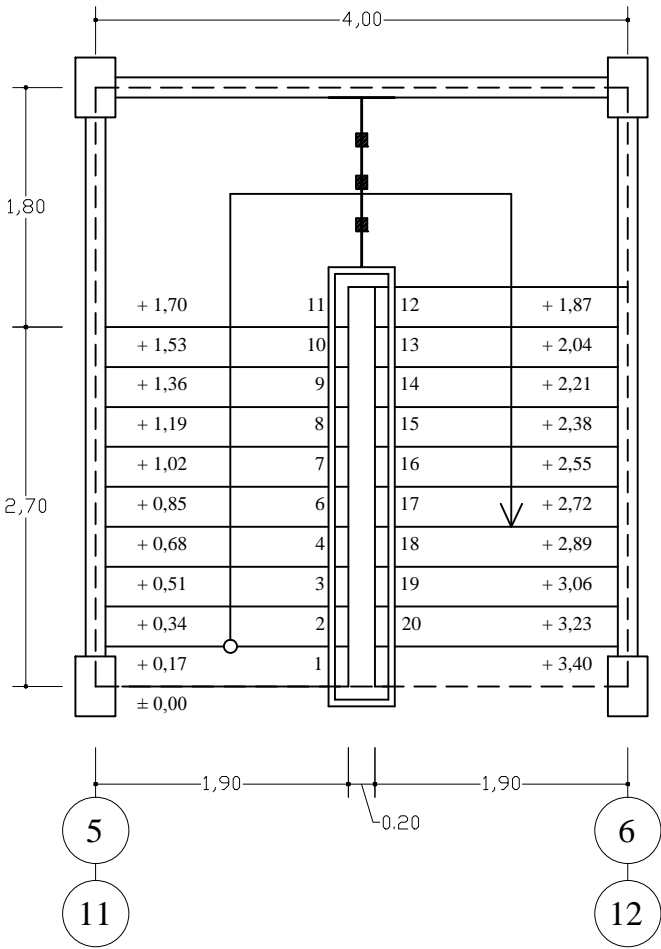
1 : 50

KODE GBR

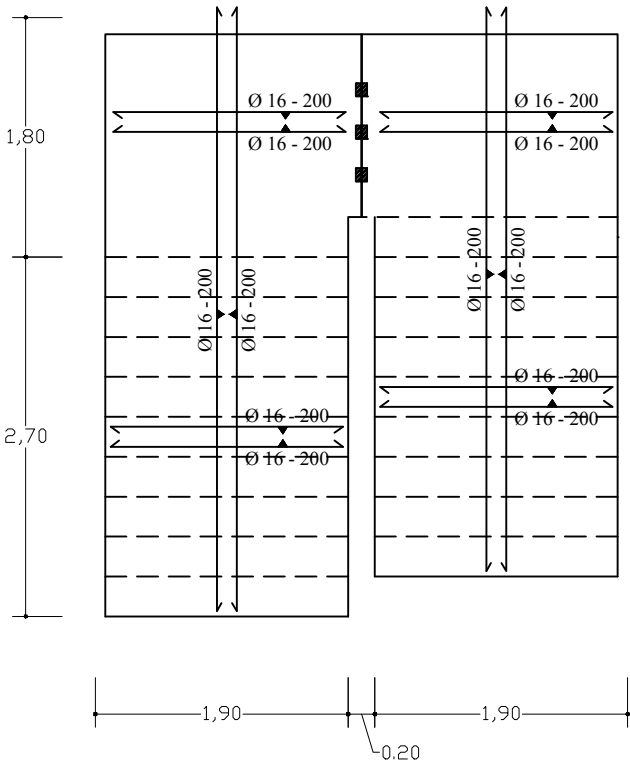
STR

NO GBR

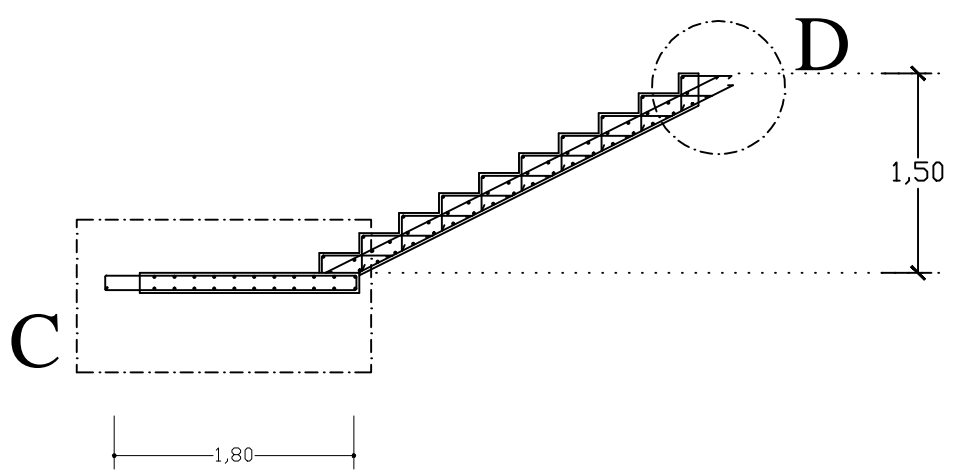
23



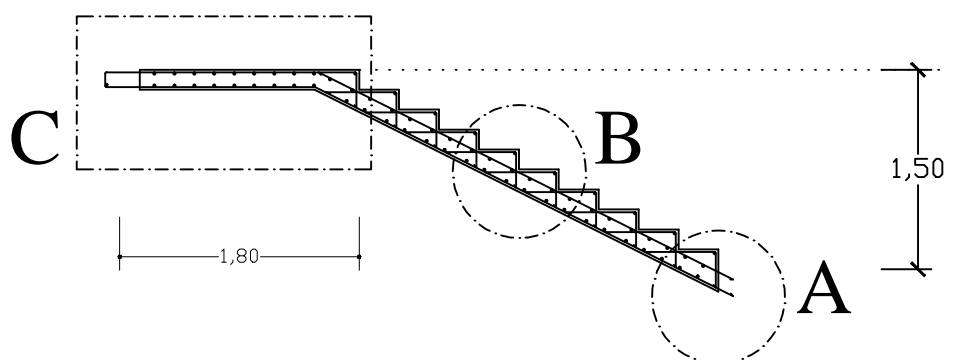
RENCANA TANGGA TYPE 1 As 5-6 & 11-12, Elev. +6,40  
SKALA 1:50



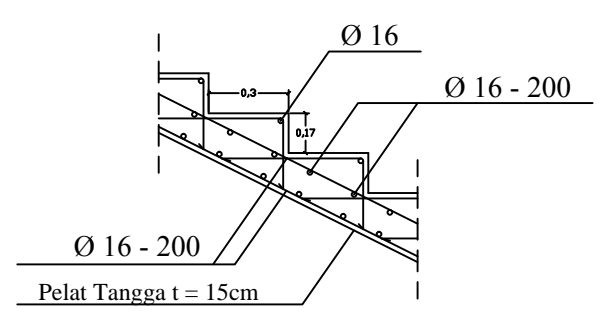
PENULANGAN PLAT TANGGA & BORDES  
SKALA 1:50



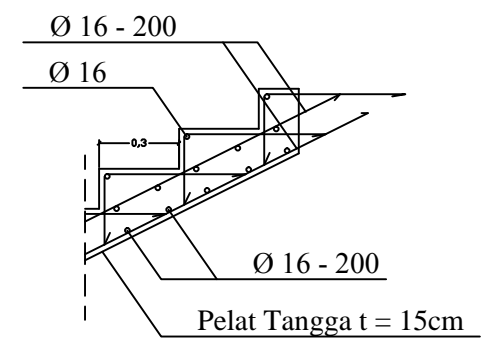
DETAIL POTONGAN TANGGA TYPE 1 BAGIAN KANAN  
SKALA 1:50



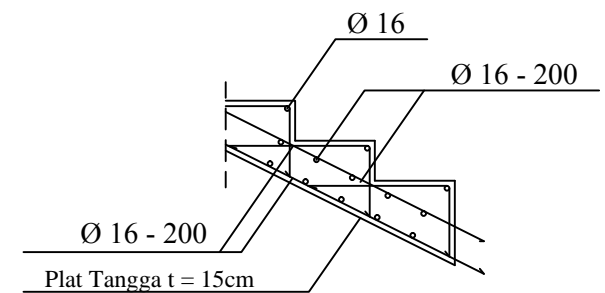
DETAIL POTONGAN TANGGA TYPE 1 BAGIAN KIRI  
SKALA 1:50



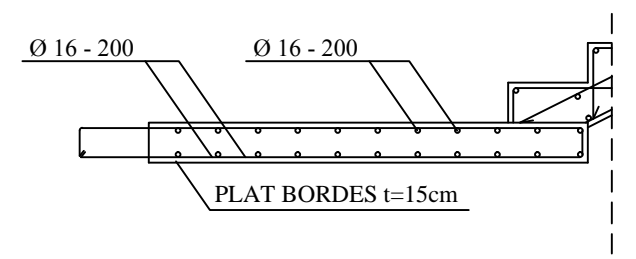
DETAIL B  
SKALA 1:25



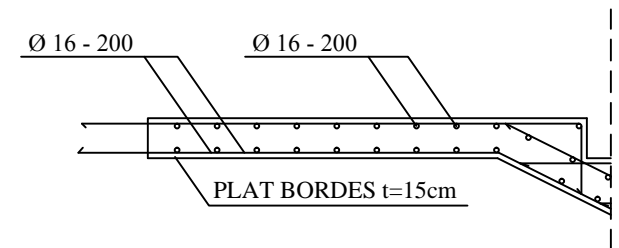
DETAIL D  
SKALA 1:25



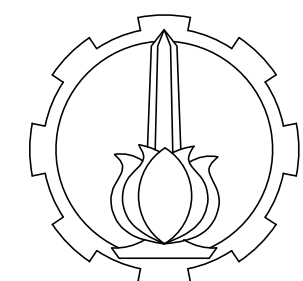
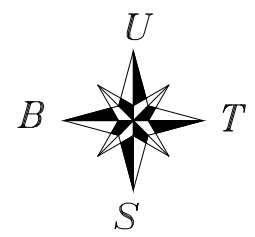
DETAIL A  
SKALA 1:25



DETAIL C BAGIAN KANAN  
SKALA 1:25



DETAIL C BAGIAN KIRI  
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009  
ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI


JUDUL GAMBAR

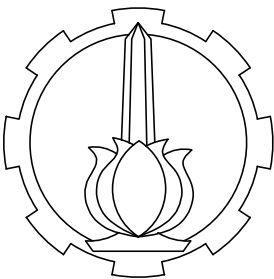
DETAIL POTONGAN TYPE 1

SKALA

1 : 50  
1 : 25

KODE GBR NO GBR

STR	24
-----	----



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

RENCANA TANGGA  
PENULANGAN PLAT TANGGA TYPE 2  
& BORDES

SKALA

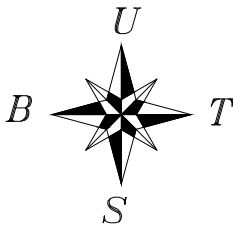
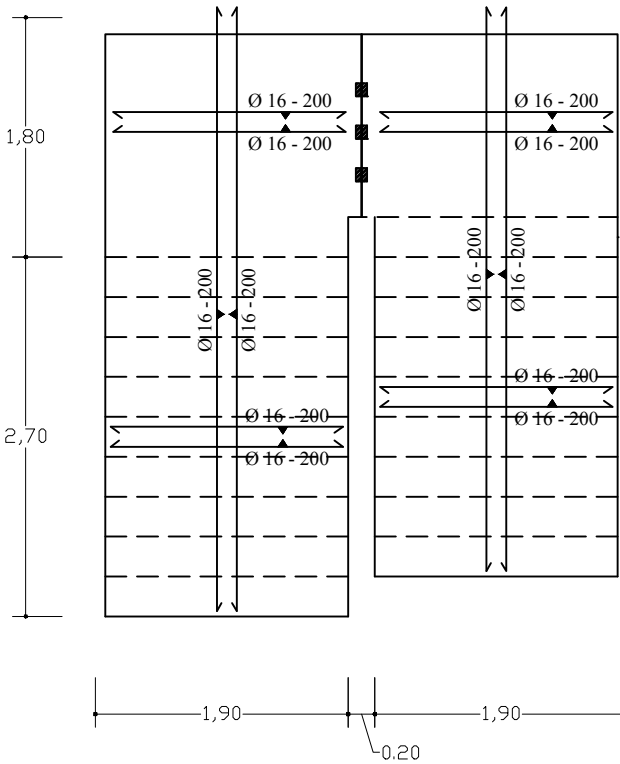
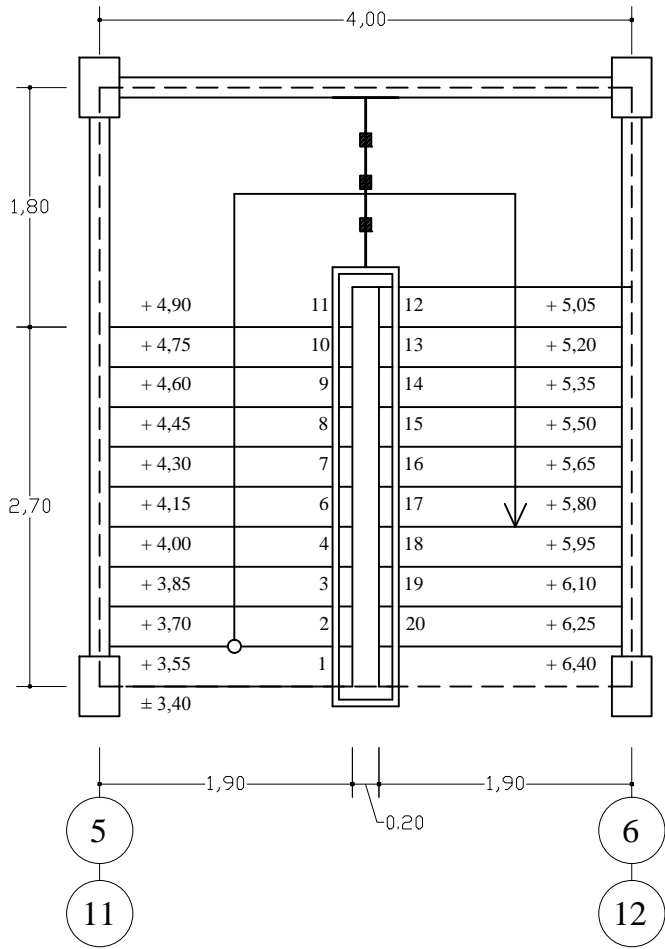
1 : 50

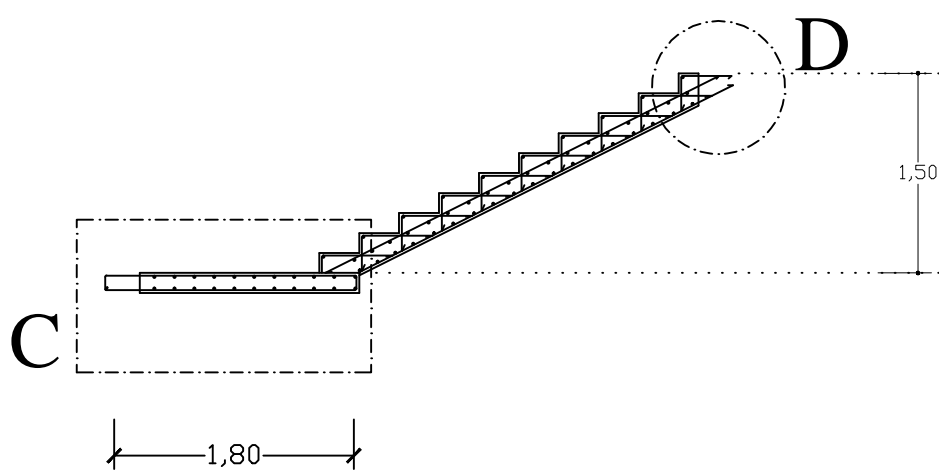
KODE GBR

STR

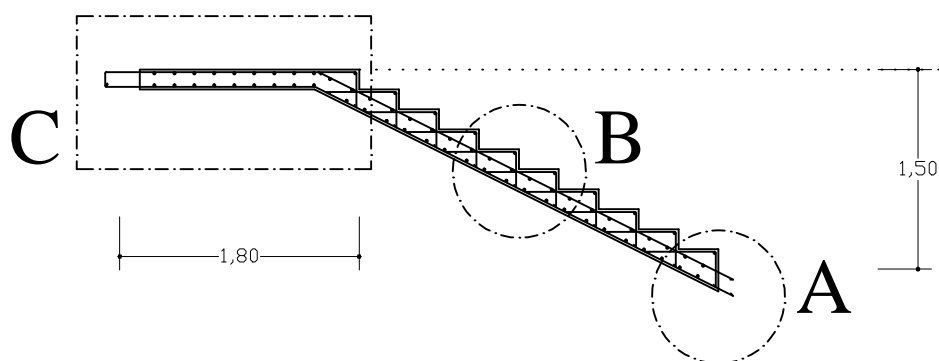
NO GBR

25

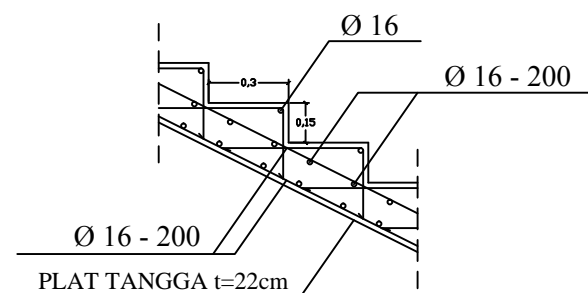




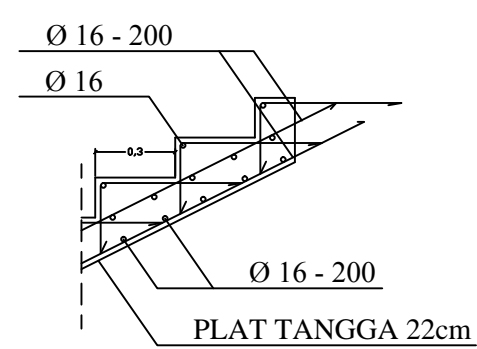
DETAIL POTONGAN TANGGA TYPE 2 BAGIAN KANAN  
SKALA 1:50



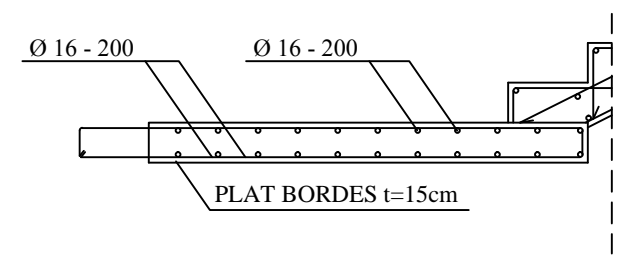
DETAIL POTONGAN TANGGA TYPE 2 BAGIAN KIRI  
SKALA 1:50



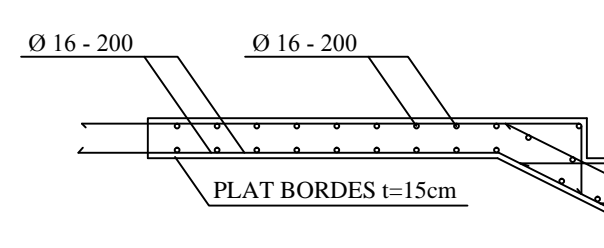
DETAIL B  
SKALA 1:25



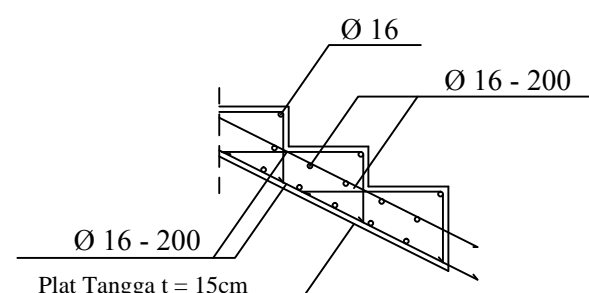
DETAIL D  
SKALA 1:25



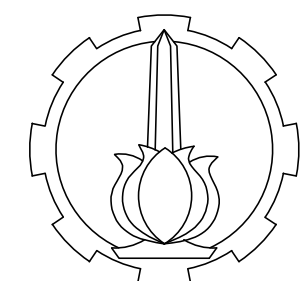
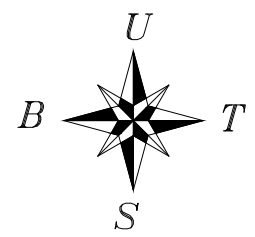
DETAIL C BAGIAN KANAN  
SKALA 1:25



DETAIL C BAGIAN KIRI  
SKALA 1:25



DETAIL A  
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DETAIL POTONGAN TYPE 2

SKALA

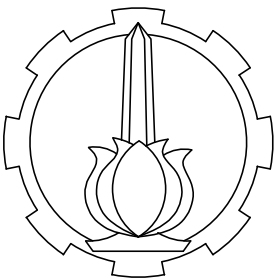
1 : 50  
1 : 25

KODE GBR

STR

NO GBR

26



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

TITIK PENGANGKATAN  
TANGGA TYPE 1 & 2

SKALA

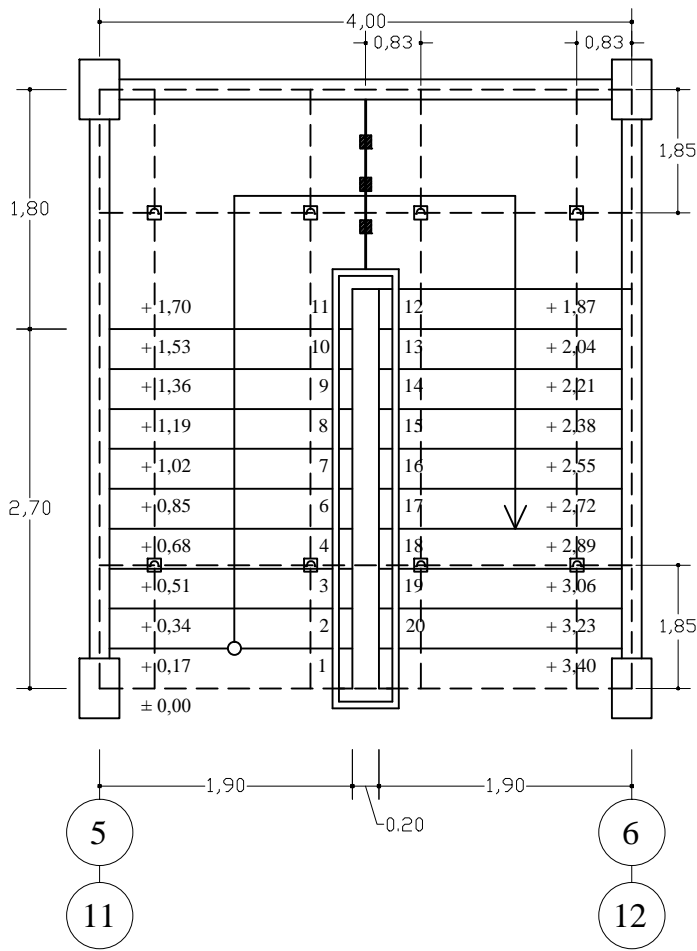
1 : 50

KODE GBR

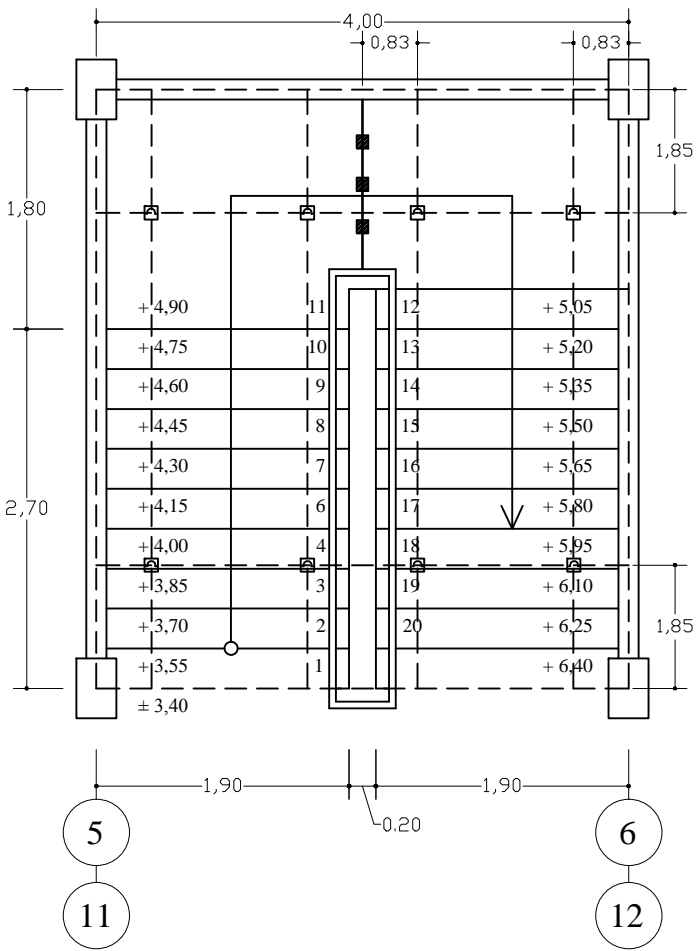
STR

NO GBR

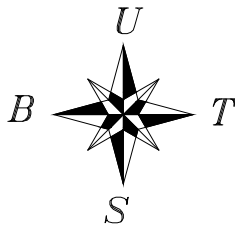
27

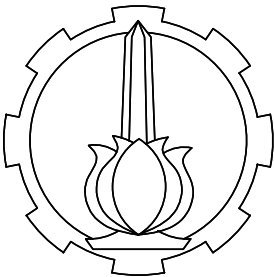


TITIK PENGANGKATAN TANGGA TYPE 1  
SKALA 1:50



TITIK PENGANGKATAN TANGGA TYPE 2  
SKALA 1:50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

DENAH RENCANA ATAP

SKALA

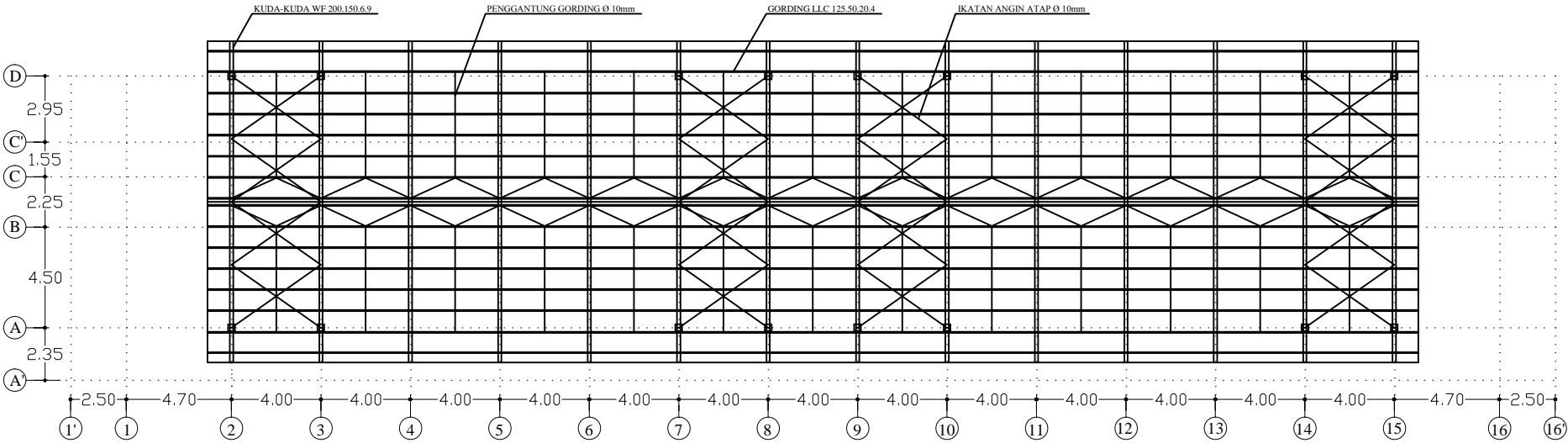
1 : 250

KODE GBR

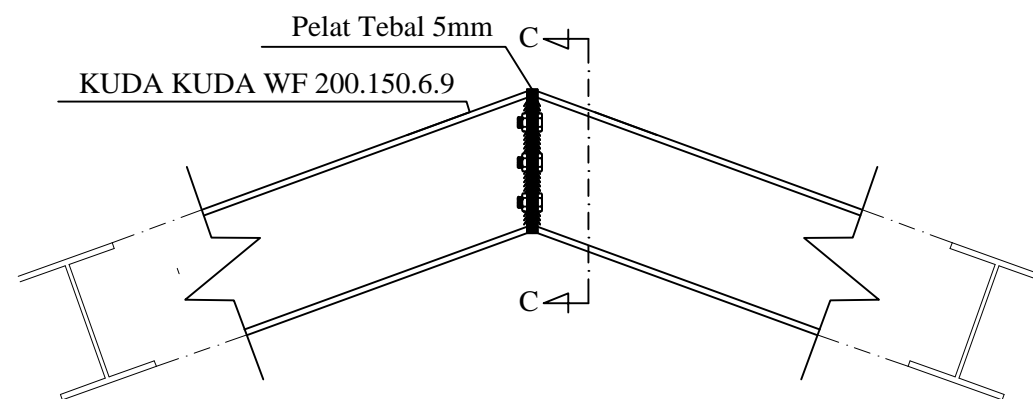
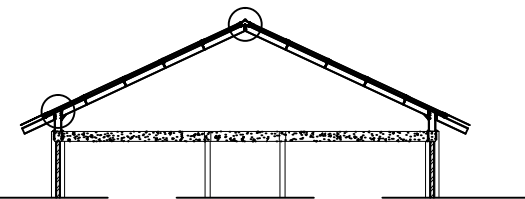
STR

NO GBR

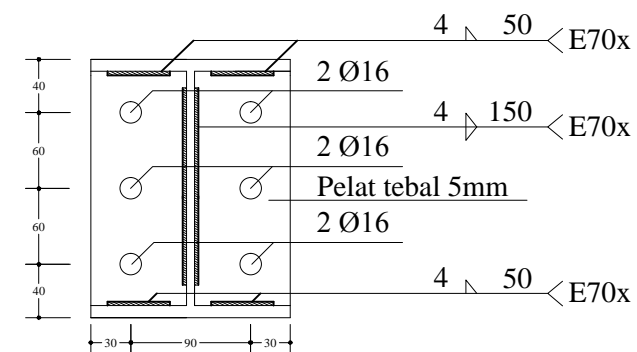
28



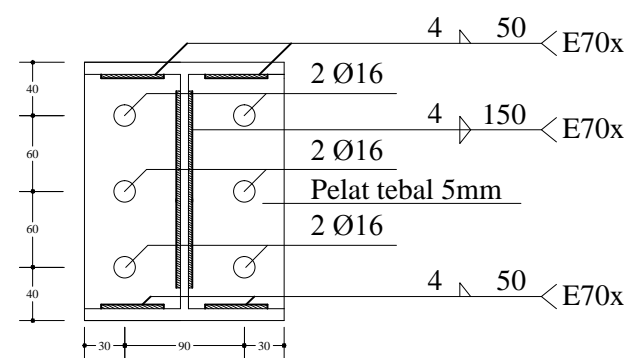
RENCANA ATAP  
SKALA 1:250



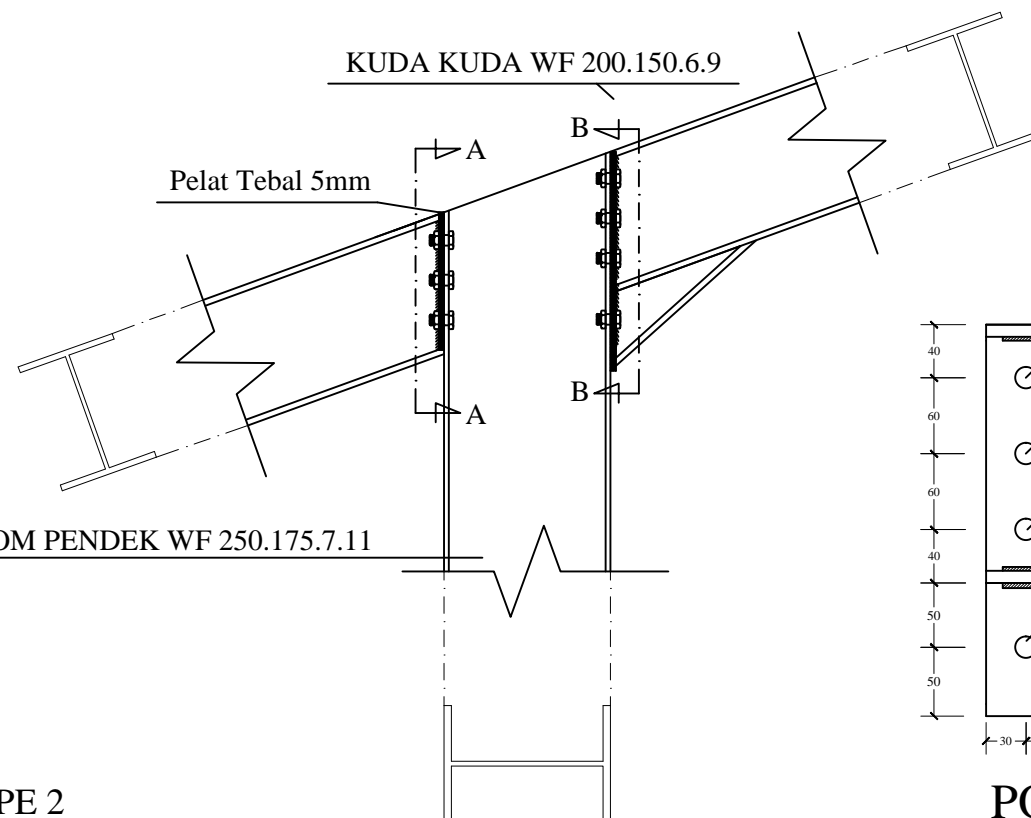
**SAMBUNGAN KUDA-KUDA TYPE 1**  
SKALA 1:10



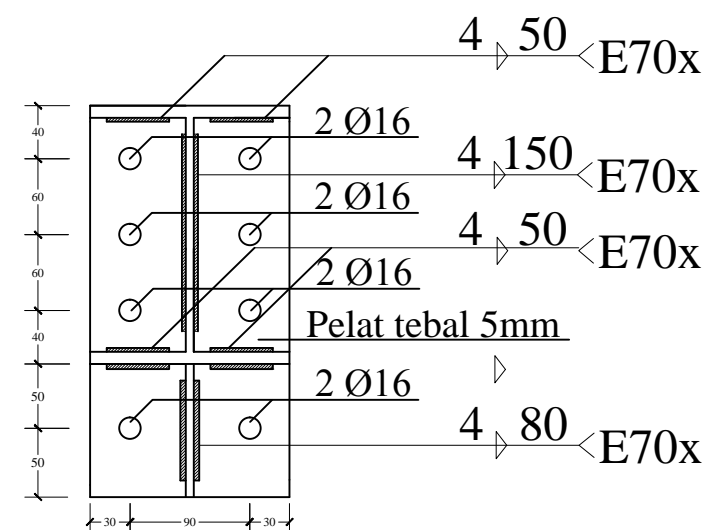
**POT C-C**  
Skala 1 : 5



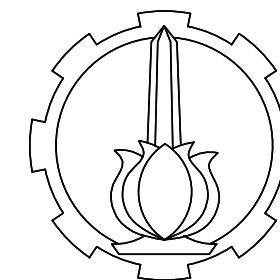
**POT A-A**  
Skala 1 : 5



**SAMBUNGAN KUDA-KUDA TYPE 2**  
SKALA 1:10



**POT B-B**  
Skala 1 : 5



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

**JUDUL PROYEK AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

**DOSEN PEMBIMBING**

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

**NAMA MAHASISWA**

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

**KETERANGAN**

**REVISI**

**JUDUL GAMBAR**

SAMBUNGAN KUDA-KUDA  
TYPE 1 & 2

**SKALA**

1 : 10

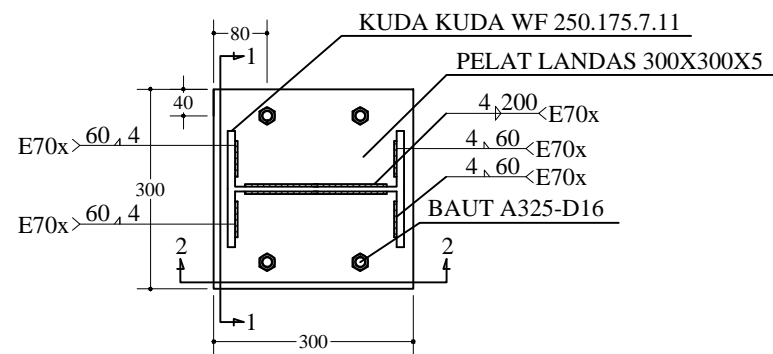
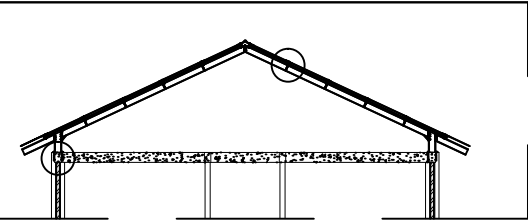
**KODE GBR**

STR

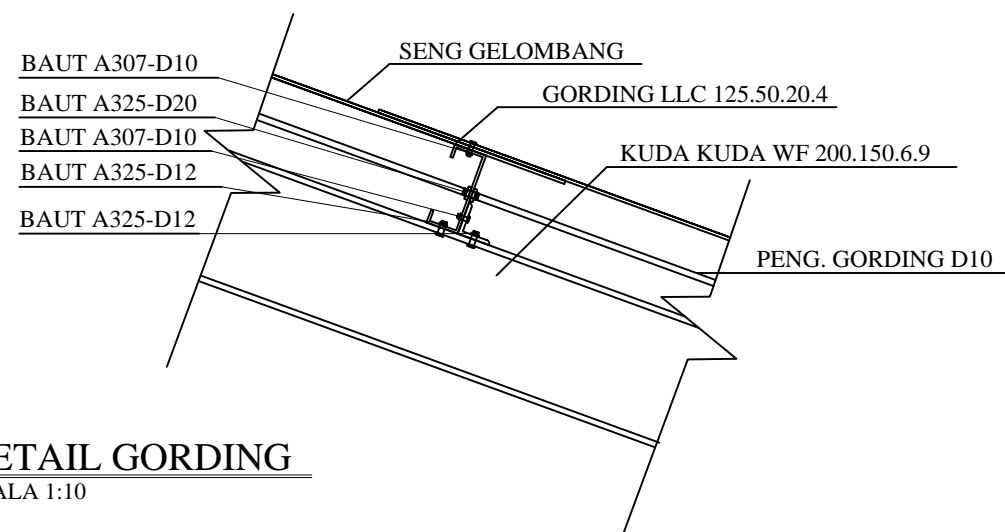
**NO GBR**

29

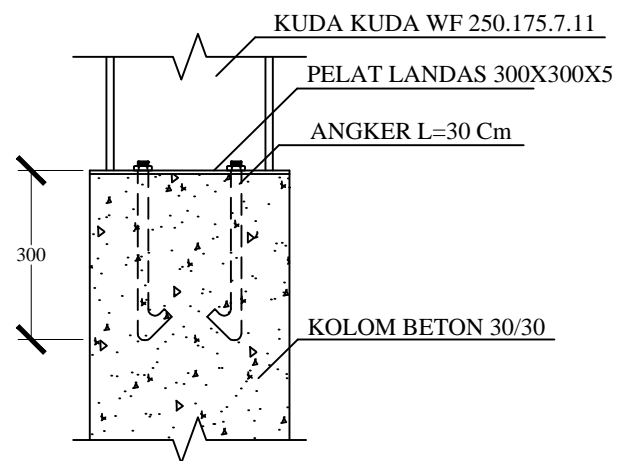




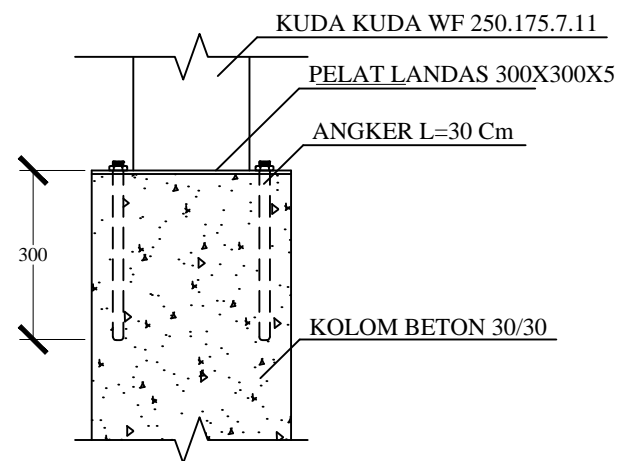
DETAIL PELAT LANDAS  
SKALA 1:10



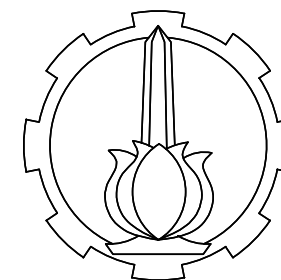
DETAIL GORDING  
SKALA 1:10



POT 2-2  
SKALA 1:5



POT 1-1  
SKALA 1:5



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI


JUDUL GAMBAR

DETAIL PELAT LANDAS  
& GORDING

SKALA

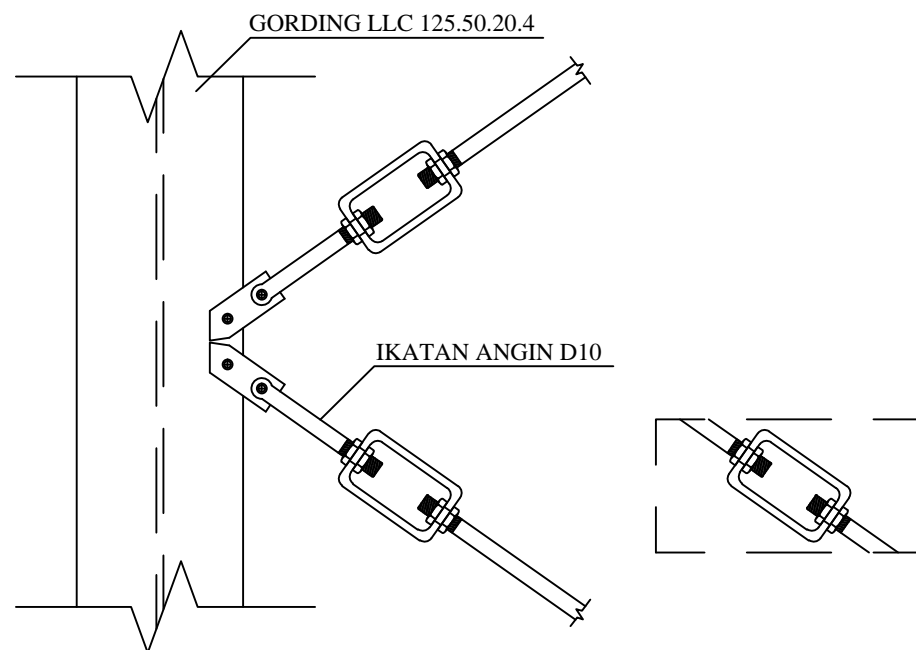
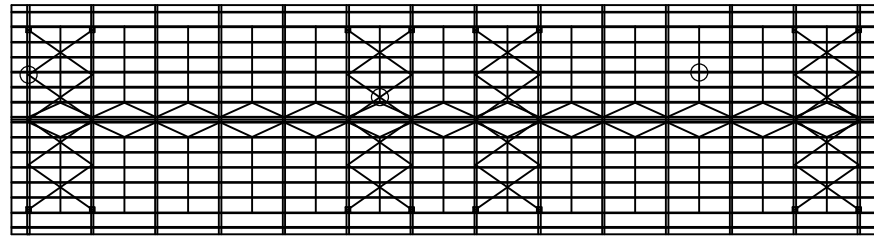
1 : 10

KODE GBR

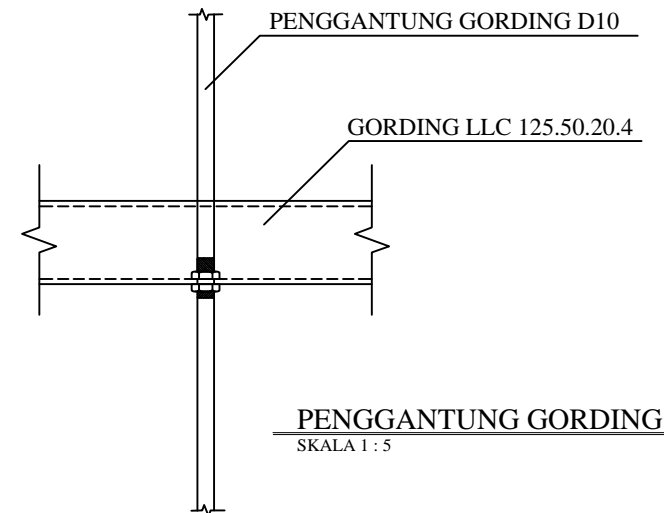
STR

NO GBR

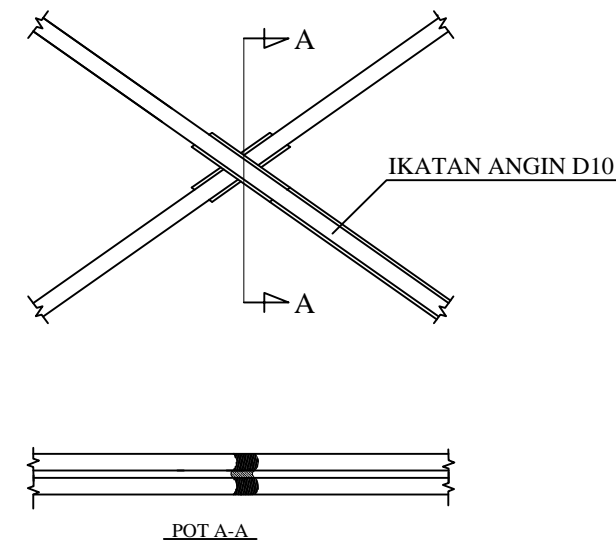
30



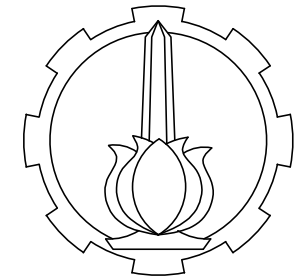
IKATAN ANGIN  
SKALA 1 : 5



PENGANTUNG GORDING  
SKALA 1 : 5



TITIK TEMU IKATAN ANGIN  
SKALA 1 : 5



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

#### JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

#### DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

#### NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

#### KETERANGAN

#### REVISI

#### JUDUL GAMBAR

DETAIL PENGANTUNG GORDING  
& IKATAN ANGIN

#### SKALA

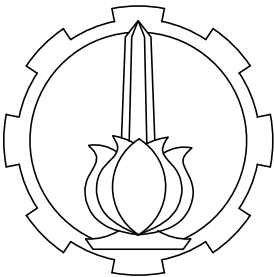
1 : 5

#### KODE GBR

STR

#### NO GBR

31



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

PORTAL A-A

SKALA

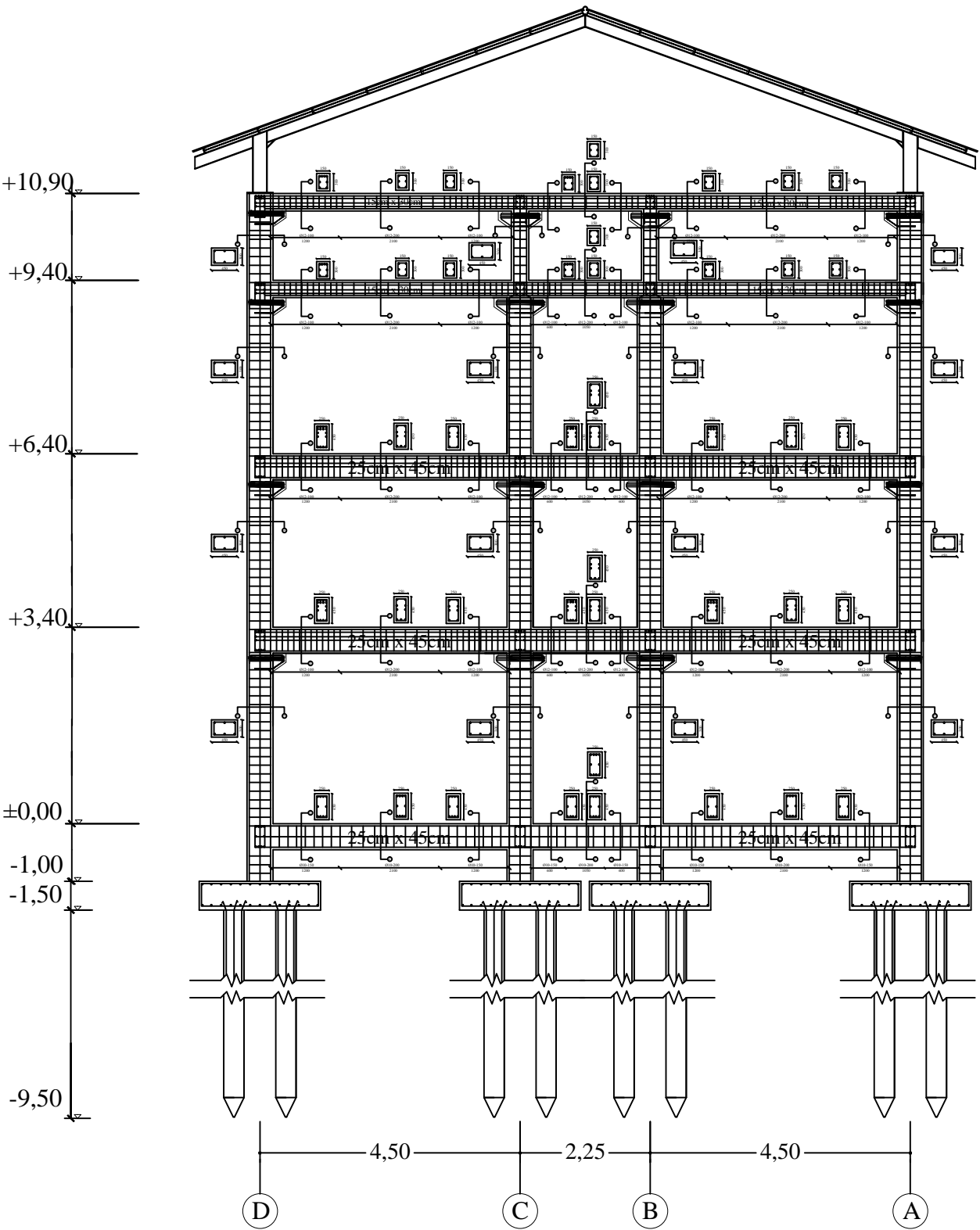
1 : 100

KODE GBR

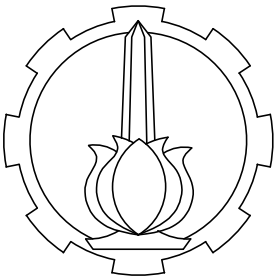
STR

NO GBR

32



PORTAL A-A  
SKALA 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

PORTAL B-B

SKALA

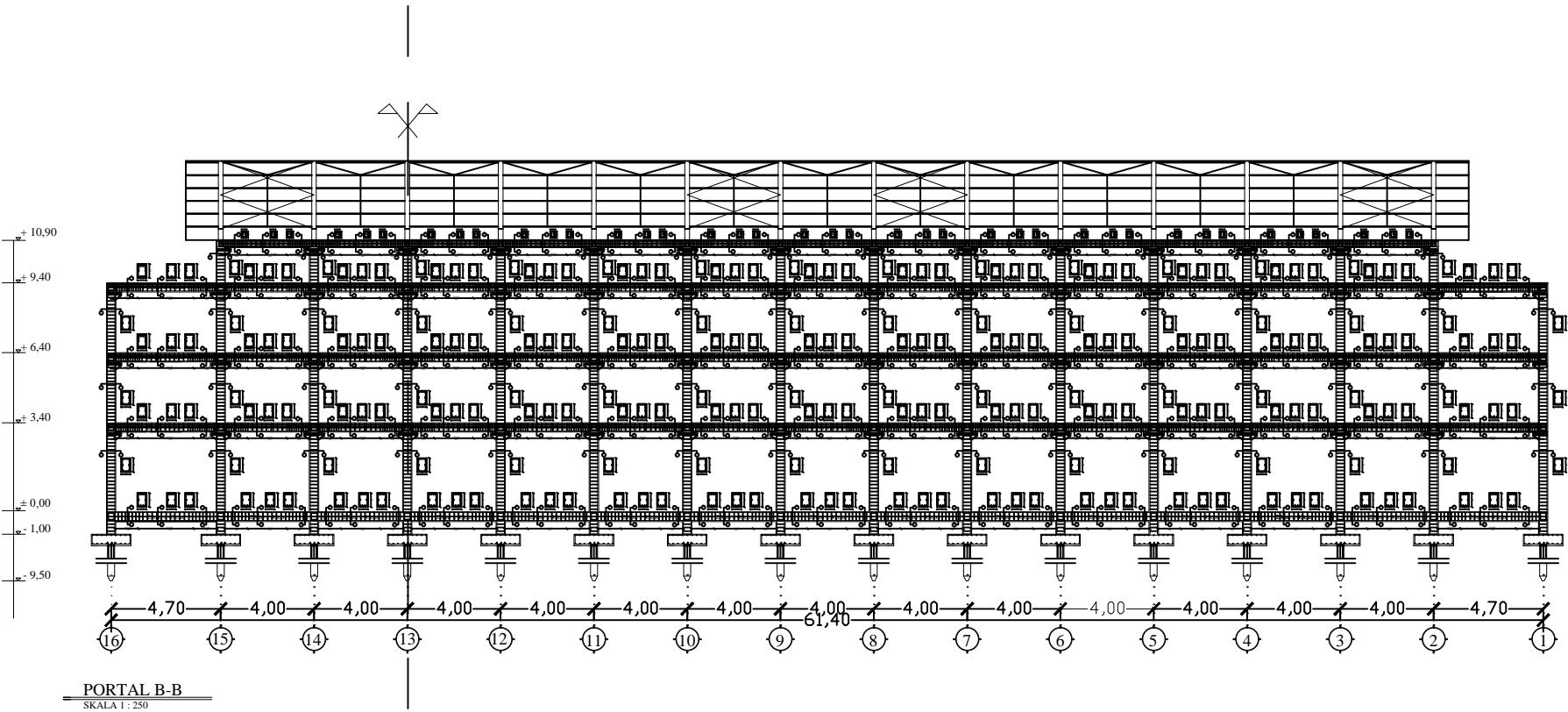
1 : 250

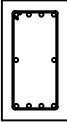
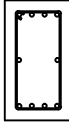
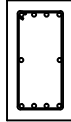
KODE GBR

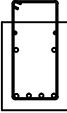
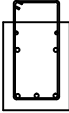
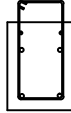
STR

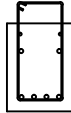
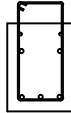
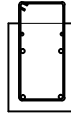
NO GBR

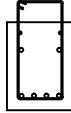
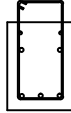
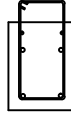
33






	Sloof TB-1		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	250 x 450	250 x 450	250 x 450
Tulangan Lentur	8 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Angkat	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	4 D 19	3 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 150	Ø 12 - 200	Ø 12 - 150

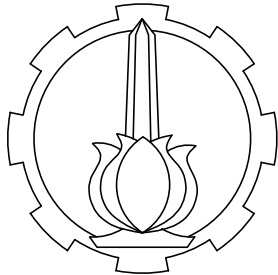
	BALOK G1 & G2-2 Lt. 3		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	250 x 330	250 x 330	250 x 330
Tulangan Lentur			
Tulangan Angkat	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	4 D 19	3 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 150	Ø 12 - 200	Ø 12 - 150

	BALOK G1 & G2-2 Lt. 2		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	250 x 330	250 x 330	250 x 330
Tulangan Lentur			
Tulangan Angkat	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	4 D 19	3 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 150	Ø 12 - 200	Ø 12 - 150

	BALOK G1 Lt. Dak		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	250 x 330	250 x 330	250 x 330
Tulangan Lentur			
Tulangan Angkat	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	4 D 19	3 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 150	Ø 12 - 200	Ø 12 - 150

	Balok RB-1 Lt. Atap		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	150 x 180	150 x 180	150 x 180
Tulangan Lentur			
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 150	Ø 12 - 200	Ø 12 - 150

**PENULANGAN BALOK PRACETAK**  
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

**JUDUL PROYEK AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

**DOSEN PEMBIMBING**

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

**NAMA MAHASISWA**

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

**KETERANGAN**

**REVISI**

**JUDUL GAMBAR**

PENULANGAN BALOK PRACETAK

**SKALA**

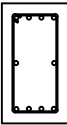
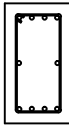
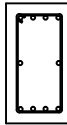
1 : 25

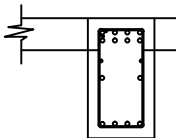
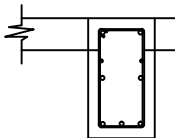
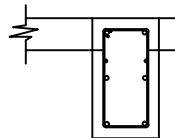
**KODE GBR**

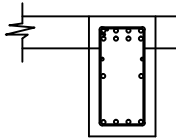
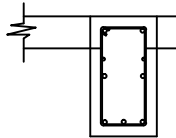
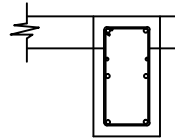
STR

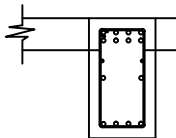
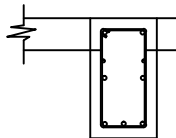
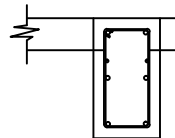
**NO GBR**

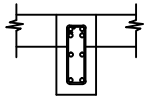
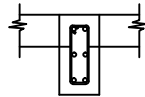
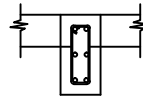
34

	Sloof TB-1		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	250 x 450	250 x 450	250 x 450
Tulangan Lentur	8 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Angkat	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	4 D 19	3 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 150	Ø 12 - 200	Ø 12 - 150

	BALOK G1 & G2-2 Lt. 3		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	250 x 450	250 x 450	250 x 450
Tulangan Lentur	8 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Angkat	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	4 D 19	3 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 100	Ø 12 - 200	Ø 12 - 100

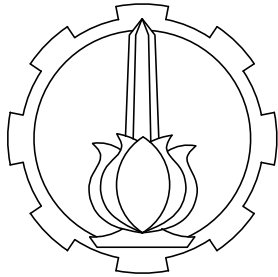
	BALOK G1 & G2-2 Lt. 2		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	250 x 450	250 x 450	250 x 450
Tulangan Lentur	8 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Angkat	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	4 D 19	3 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 100	Ø 12 - 200	Ø 12 - 100

	BALOK G1 Lt. Dak		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	250 x 450	250 x 450	250 x 450
Tulangan Lentur	8 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Angkat	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	4 D 19	3 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 100	Ø 12 - 200	Ø 12 - 100

	Balok RB-1 Lt. Atap		
	TUMP. KIRI	LAPANGAN	TUMP. KANAN
PENAMPANG			
Dimensi	150 x 300	150 x 300	150 x 300
Tulangan Lentur	4 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Torsi	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Tulangan Tarik	2 D 19	2 D 19	2 D 19
Sengkang	Ø 12 - 100	Ø 12 - 200	Ø 12 - 100

**PENULANGAN BALOK KOMPOSIT**

SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

**JUDUL PROYEK AKHIR**

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

**DOSEN PEMBIMBING**

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

**NAMA MAHASISWA**

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

**KETERANGAN**

**REVISI**

**JUDUL GAMBAR**

PENULANGAN BALOK KOMPOSIT

**SKALA**

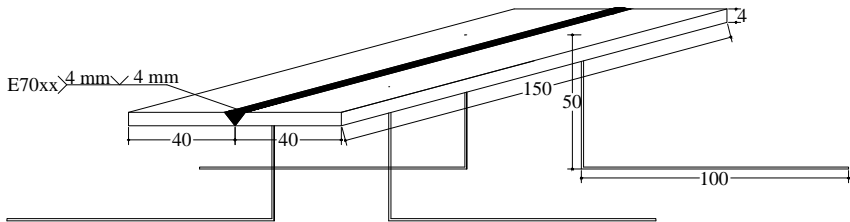
1 : 25

KODE GBR

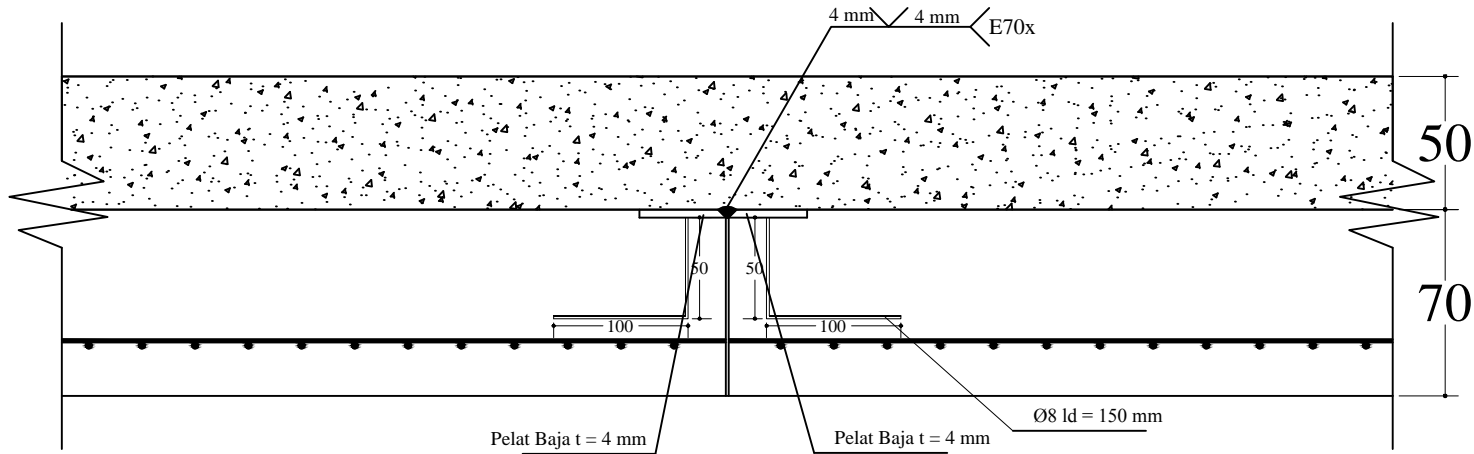
NO GBR

STR

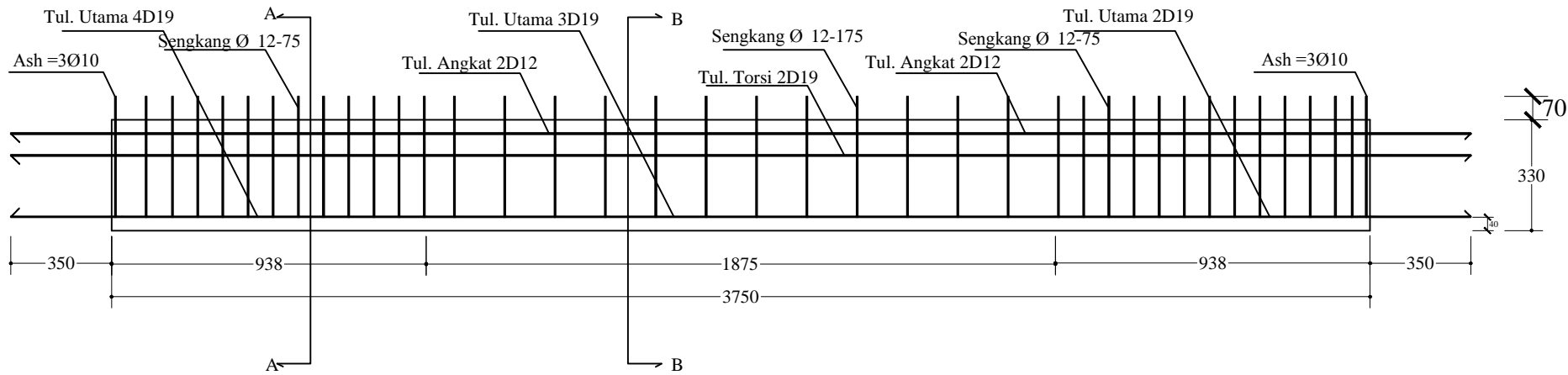
35



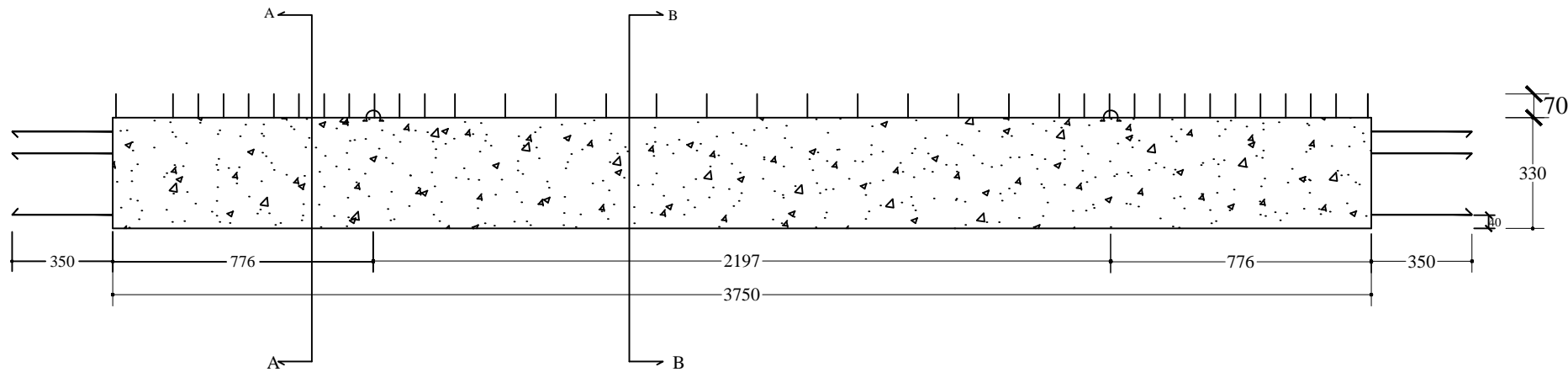
DETAIL PANEL PELAT PENYAMBUNG  
SKALA 1:25



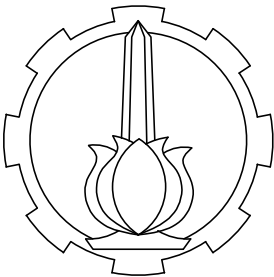
SAMBUNGAN PELAT A DAN PELAT A  
SKALA 1:10



DETAIL BALOK G1 (PRACETAK 38/25)  
SKALA 1:10



TITIK PENGANGKATAN BALOK G1  
SKALA 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN PELAT & PELAT  
DETAIL BALOK G1  
& LETAK TITIK ANGKAT

SKALA

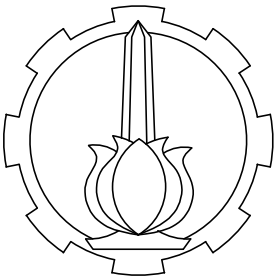
1 : 10

KODE GBR

STR

NO GBR

36



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A & B-B  
(KOMPOSIT & PRACETAK)

SKALA

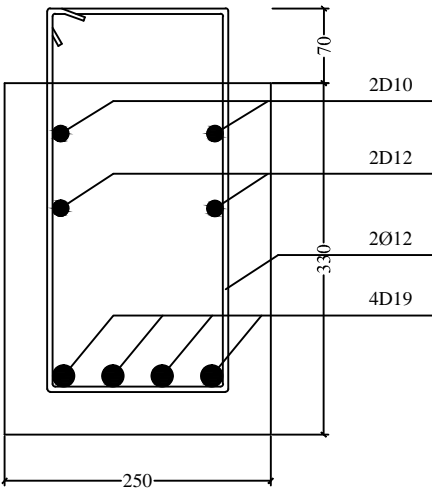
1 : 10

KODE GBR

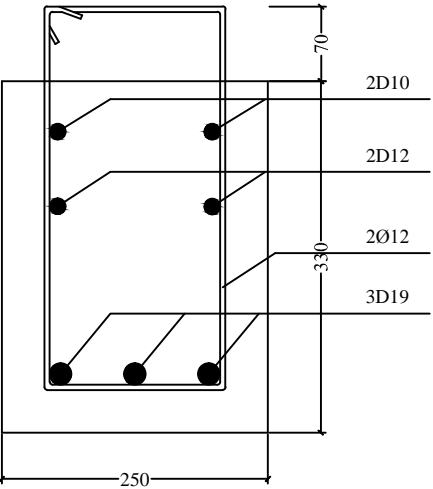
STR

NO GBR

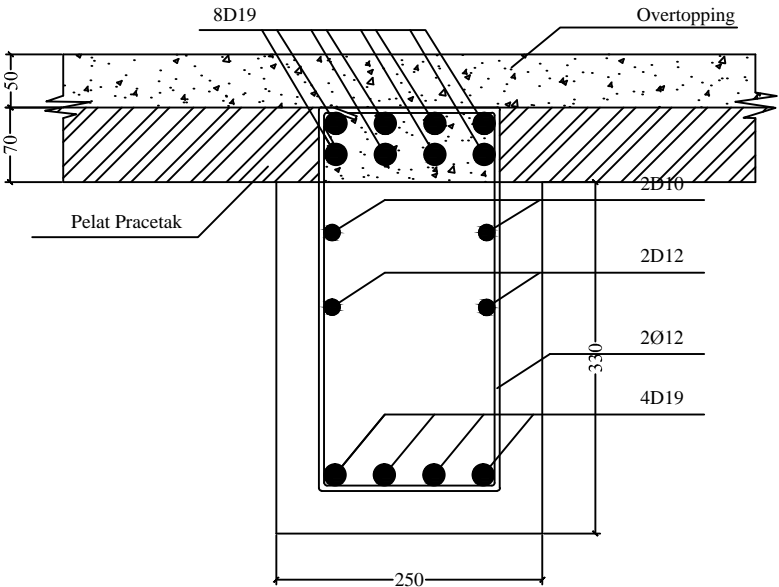
37



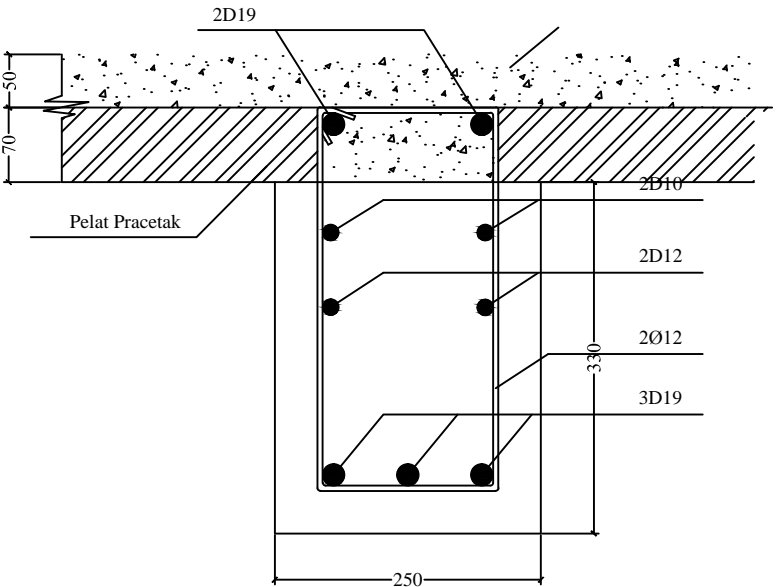
POTONGAN A-A (PRACETAK)  
SKALA 1:25



POTONGAN B-B (PRACETAK)  
SKALA 1:25

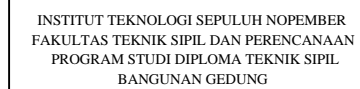


POTONGAN A-A (KOMPOSIT)  
SKALA 1:25



POTONGAN B-B (KOMPOSIT)  
SKALA 1:25





PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

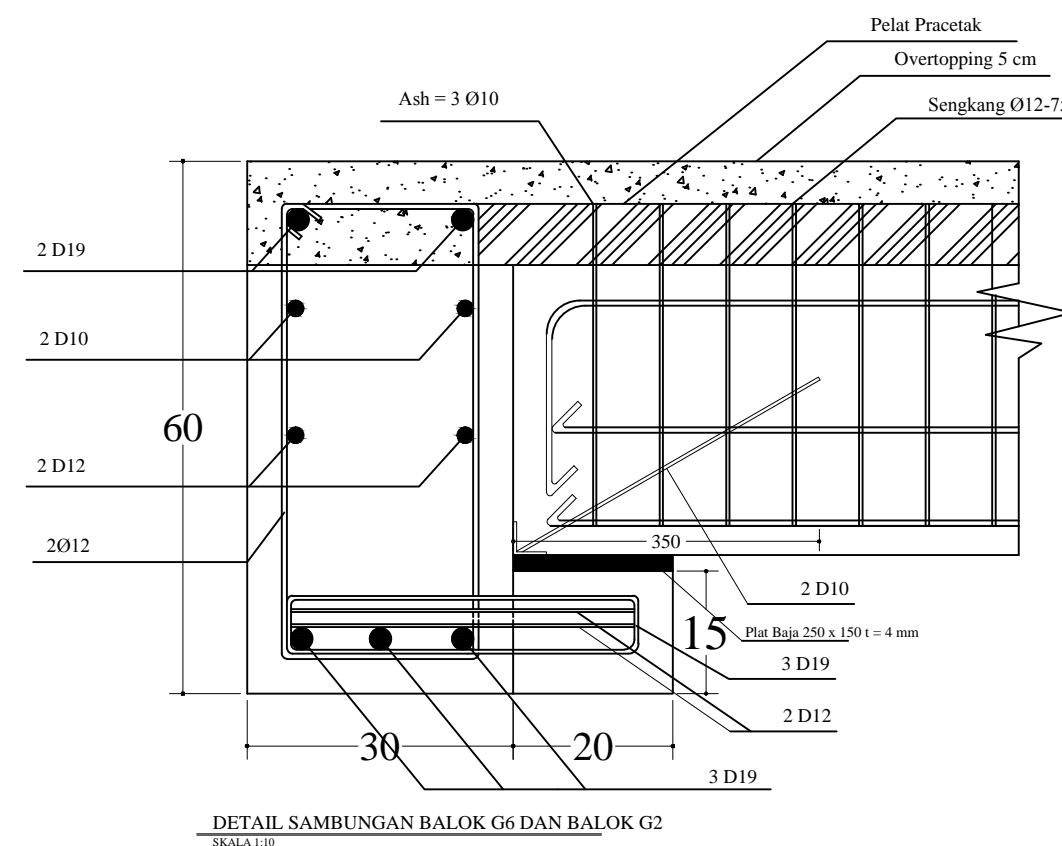
## REVISI

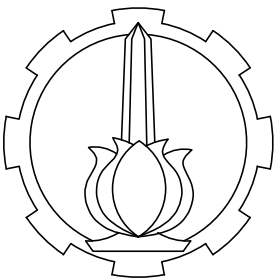

DETAIL SAMBUNGAN BALOK  
INDUK & KOLOM  
DETAIL SAMBUNGAN BALOK  
G6 & G2

## 1 : 10

KODE GBR	NO GBR
----------	--------

STR	38
-----	----





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA TEKNIK SIPIL  
BANGUNAN GEDUNG

JUDUL PROYEK AKHIR

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SUSUN UNNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
DENGAN METODE PRECAST

DOSEN PEMBIMBING

Ir. SUNGKONO, CES  
NIP. 19591130 198601 1 001

NAMA MAHASISWA

AULIA RAHMAN AL HAMANI  
NRP : 3111030009

ADIMAS BAYU RAMANA  
NRP : 3111030023

KETERANGAN

REVISI


JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK  
INDUK & PELAT

SKALA

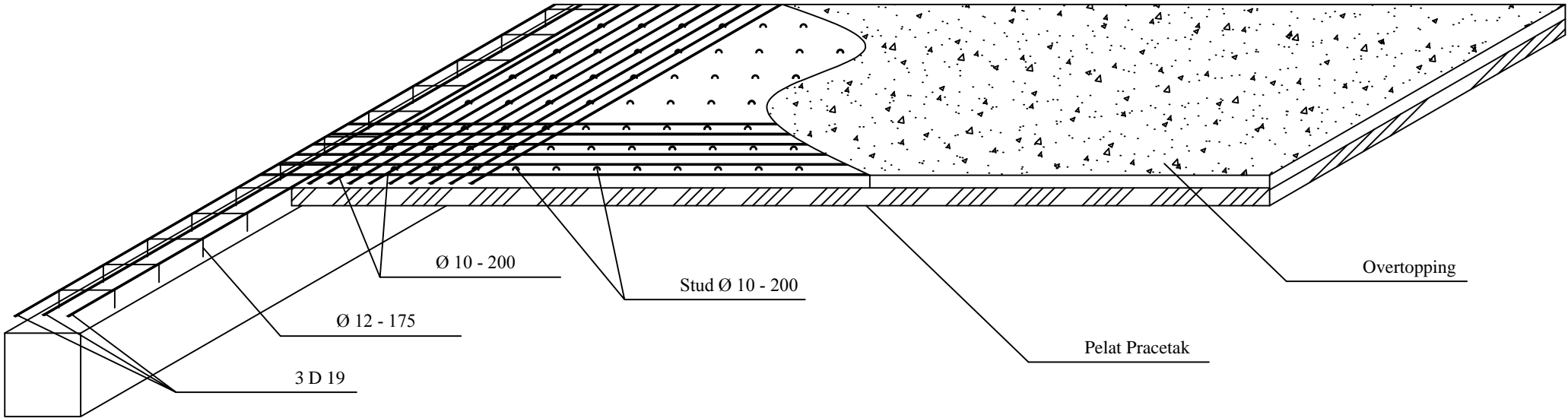
1 : 5

KODE GBR

NO GBR

STR

40



DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK DAN PELAT  
SKALA 1:5

## **BAB VII SAMBUNGAN**

### **7.1 Umum**

Dalam bab ini akan diuraikan kriteria desain sambungan, konsep, jenis sambungan dan hal-hal yang berkaitan dengan alat-alat sambungan. Penggunaan sambungan relatif mudah dalam pelaksanaannya jika di dibandingkan dengan sambunga kering (non topping) seperti mechanical connection dan welding connection yang cukup kompleks.

Untuk sambungan basah dalam daerah joint diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan betom topping. Didalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (shear connector) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan plat topping agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan di harapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Dalam pelaksanaan konstruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu di tinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu juga di tinjau “service ability”, kekuatan dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, gempa dan kombinasi dari beban tersebut.

Sambungan antara elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan baik sambungan cor setempat maupun sambungan grouting sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (cast in situ).

## **7.2 Kriteria Perencanaan Sambungan**

Kriteria perencanaan sambungan disesuaikan dengan desain karena ada perbedaan kriteria untuk masing-masing tipe sambungan. Persyaratan suatu sambungan dapat menjadi syarat yang tidak terlalu penting untuk sambungan lain. Hal ini diakibatkan karena perbedaan asumsi atau anggapan perbedaan spesifikasi dari pihak perancang dan pemilik struktur.

- **Kekuatan**

Suatu sambungan harus mempunyai kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang diterapkan sepanjang umur dari sambungan. Beberapa dari gaya ini disebabkan oleh gaya gravitasi, angin, gempa, dan perubahan volume.

- **Daktilitas**

Daktilitas sering didefinisikan sebagai kemampuan relative struktur untuk menampung deformasi yang besar tanpa mengalami runtuh. Untu k material struktur, daktilitas diukur dengan total deformasi yang terjadi saat leleh awal terhadap leleh batas (ultimate failure).

Daktilitas pada portal sering digabungkan ketahanan terhadap momen, hal ini di pakai dalam perencanaan gempa. Pada elemen sambungan tahan momen tegangan tarik lentur biasanya ditahan oleh komponen baja. Dan kondisi runtuh akhir dapat terjadi karena kondisi putusnya

baja, hancurnya beton atau kegagalan sambungan baja dan beton. Pada perhitungan kali ini menggunakan daktilitas parsial.

- **Daya Tahan**

Sambungan perlu diawasi dan dipelihara, sambungan yang diperkirakan akan langsung dapat bersentuhan dengan cuaca harus dilakukan tindakan perlindungan dengan beton atau dengan cat (galvanis). Daya tahan yang buruk dapat diakibatkan oleh retak, spelling beton dan yang paling sering diakibat oleh korosi dari komponen baja elemen beton pracetak.

- **Ketahanan terhadap kebakaran**

Beberapa sambungan beton pracetak tak mudah terpengaruh akibat api, seperti pada perletakan antara pelat dan balok yang secara umum tidak memerlukan perlindungan secara khusus terhadap api. Apabila pelat diletakkan diatas bearing pads yang terbuat dari bahan yang mudah terbakar maka perlindungan khusus dari bearing pads tersebut tidak perlu karena keadaan terburuk dari pads tidak akan menyebabkan runtuh, tetapi sesudah kebakaran pads harus diganti. Sambungan yang tidak tahan api memerlukan perlindungan khusus seperti dengan melapisi beton, gypsum wallboard atau bahan lain yang tahan api.

- **Perubahan Volume**

Kombinasi pemendekan akibat dari rangkai, susut dan penurunan suhu dapat menyebabkan beberapa tegangan pada elemen beton pracetak ataupun perletakannya ditarik pergerakannya. Tegangan ini harus dimasukkan oleh desain dan akan lebih baik bila sambungan diijinkan untuk berpindah tempat untuk mengurangi besarnya tegangan tersebut.

- Kesederhanaan Sambungan

Semakin sederhana sambungan maka diharapkan akan semakin ekonomis. Kriteria penyederhanaan sambungan :

1. Memakai bahan- bahan standart
2. Menggunakan detail yang sama (berulang)
3. Mengurangi bagian-bagian yang perlu ditancapkan pada elemen sehingga memerlukan presisi tinggi untuk menempatkannya.
4. Mempersiapkan cara-cara pergantian.

- Kesederhanaan Pemasangan

Kesederhanaan pemasangan elemen beton pracetak sangat menentukan keberhasilan pencapaian tujuan penerapan konstruksi beton pracetak. Kesederhanaan pemasangan tidak lepas dari bentuk dan tipe sambungan yang dipilih. Kesederhanaan suatu sambungan biasanya menjamin dalam kemudahan pemasangan.

## 7.3 Konsep Desain Bangunan

### 7.3.1 Mekanisme pemindahan beban

Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam.

Dimana pemindahan beban diteruskan kekolom dengan melalui tahap sabagai berikut :

1. Beban diserap pelat dan ditransfer keperletakan dengan kekuatan geser.
2. Perletakan ke haunch melalui gaya tekan pads.
3. Haunch menyerap gaya vertikal di perletakan dengan kekuatan geser dan lentur di profil baja.
4. Gaya geser vertikal dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las.

5. Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam.

Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Balok beton ketulangan dengan lekatan atau ikatan.
2. Tulangan baja siku diujung balok di ikat dengan las.
3. Baja siku diujung balok ke haunch melalui gesekan diatas dan dibawah bearing pads. Sebagai gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada pads.
4. Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
5. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh stud ke kolom beton melalui ikatan atau lekatan.

### 7.3.2 Stabilitas dan Keseimbangan

Adapun permasalahan utama pada struktur beton pracetak biasanya disebabkan oleh kesalahan perencanaan dalam menghitung stabilitas dan keseimbangan dari struktur dan komponen-komponen, bukan hanya pada kedudukan akhir tetapi juga selama fase pelaksanaan konstruksi.

Sebagai contoh pada balok induk, karena eksentrisitas beban pada balok terjadi torsi dan balok cenderung berputar pada perletak. Perencanaan perlu untuk memperitungkan kondisi pada saat pemasangan balok tersebut.

Pada kenyataannya struktur balok pracetak diinginkan agar stabilitas lateral diciptakan oleh shearwall atau bracing dan dapat juga oleh portal tahan momen. Gaya lateral di distribusikan ke setiap bagian struktur lateral melalui aksi diafragma dari pelat lantai.

### 7.3.3 Klasifikasi Sistem dan Sambungan

Sistem pracetak di definisikan dalam dua kategori, yaitu :

### 1. Lokasi Penyambungan

Portal daktail dapat dibagi sesuai dengan letak penyambungan dan lokasi yang diharapkan terjadi pelelehan atau tempat sendi daktailnya. Simbol-simbol dibawah ini digunakan untuk mengidentifikasi perilaku dan karakteristik pelaksanaannya :

- Kuat, sambungan elemen-elemen pracetak yang kuat dan tidak leleh akibat gempa-gempa yang besar.
- Sendi, sambungan elemen-elemen pracetak bila dilihat dari momen akibat beban lateral gempa dapat bersifat sebagai sendi.
- Daktail, sambungan elemen-elemen pracetak yang daktail dan berfungsi sebagai pemancar energi.
- Lokasi sendi plastis.

### 2. Jenis alat penyambungan

- Shell pracetak dengan bagian intinya di cor beton setempat.
- Cold joint yang diberi tulangan biasa
- Cold joint yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint grouting.
- Cold joint yang diberi tulangan pracetak namun jointnya tidak di grouting.
- Sambungan-sambungan mekanik.
- 

## 7.4 Pola-pola kehancuran

Sebagian perencanaan diharuskan untuk menguji masing-masing pola kehancuran. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata. Sebagai contoh pada kehancuran untuk sambungan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



PCI Design Handbook memberikan lima pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan dapped-end dari balok yaitu sebagai berikut :

1. Lentur dan gaya tarik aksial pada ujung
2. Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung
3. Geser langsung antar tonjolan dengan bagian utama balok
4. Tarik diagonal pada ujung akhir
5. Perletakan pada ujung atau tonjolan

## **7.5 Pertimbangan dalam Perencanaan**

### **1. Sambungan sendi-sendi**

Pertimbangan pertama adalah menentukan letak sambungan pada titik momen minimum, namun sambungan tersebut masih harus didesain terhadap momen yang masih terjadi. Momen yang terjadi lantai per lantai akibat beban mati ditambah beban hidup juga biasanya tidak banyak berbeda, tapi pergeseran-pergeseran bidang momen akibat ragam-ragam yang lebih tinggi dalam keadaan in-elastis perlu diperhatikan.

### **2. Sambungan daktail pemencar energi**

Bila sambungan diletakkan pada titik-titik dimana sendi plastis akan terjadi, maka penyambungan harus mampu berotasi bolak-balik secara plastis tanpa mengurangi kekuatan momen dan kapasitas geser dari joint tersebut.

Sistem sambungan terjadi sangat kompleks dan sedikit sekali penelitian dilakukan dalam hal ini. Keadaan ini cenderung dihindari oleh para desainer dan letak joint dengan lokasi sendi plastis berusaha dipindahkan. Dari segi pengerjaan dan pelaksanaan beton pracetak, peletakan lokasi joint yang sama dengan lokasi sendi plastis sangatlah ekonomis sebab elemen-elemen tunggal dan berbentuk lurus dan pengangkutan serta pengangkatannya lebih mudah.

Sebelum pelat mencapai momen lelehnya, keretakan mungkin terjadi pada kolom, sehingga rotasi post-elastic akan terjadi pada suatu daerah yang menyebabkan peningkatan kekangan pada joint. Beban siklis yang terjadi pada joint di daerah ini mengakibatkan pengurangan pada gaya gesernya. Regangan-regangan tinggi yang berulang dan bolak-balik pada tulangan yang dimaksud mengakibatkan penurunan momen yang besar jika tidak direncanakan penulangannya. Bila akibat beban tarik kemudian diberi gaya tekan kembali mengakibatkan gaya lateral yang cukup besar pada beton yang berada di sekeliling tulangan, hal ini dapat mengakibatkan pengurangan kapasitas beton untuk menerima gaya tekan bolak-balik.

Untuk struktur beton bertulang setempat, degradasi ini diatas dengan adanya tulangan lateral (senggang). Efektifitas tulangan tersebut yang terletak pada suatu cold joint sampai sekarang belum begitu terbukti. Di masa yang akan datang perlu di kembangkan joint-joint yang dapat berperilaku baik dalam keadaan post yeild.

### 3. Alat penyambung kuat (tidak leleh dulu dibandingkan sendi plastisnya)

Untuk menghindari letak joint antar elemen pracetak yang bertepatan dengan letak sendi plastis adalah dengan cara memaksakan agar letak sendi tersebut jauh dari joint. Kapasitas elastic pada permukaan kolom harus melebihi dari yang di perkirakan dengan meletakkan sendi plastis tersebut pada pelat.

Kapasitas momen elastic pada muka kolom harus lebih besar dari pada kapasitas momen plastis pada lokasi sendi. Regangan dan gaya lebih tinggi akan timbul apabila pelelehan dan variasinya sama seperti yang digunakan untuk komponen-komponen lain yang sama yaitu sendi plastis dengan komponen pracetak lain.

Agar mekanisme yang duharapkan dapat tercapai maka kapasitas momen kolom gabung harus lebih besar

dari pada kapasitas yang dihasilkan pada saat sendi plastis menempel pada kolom. Sambungan-sambungan dapat direncanakan secara plastis dengan banyak kemungkinan jenis-jenis sambungan yang dapat dipakai diantaranya sambungan las, sambungan *post tension* atau sambungan *grouting*.

#### 4. Sambungan cold joint yang diberi tulangan biasa

Jenis joint ini diletakkan diderah momen yang kecil. Pemakaian yang umum yaitu dengan menggunakan sendi yang bebas berputar, sebab biasanya sendi tersebut dipasang didaerah yang secara analisa memang terjadi persendian (*inflection point*).

Pada permukaan elemen pracetak direncanakan suatu sambungan yang tidak akan terjadi pelelehan sambungan. Dan sudut pelaksanaannya adalah sangat mengutungkan dan agar panjang sambungan sependek mungkin serta mengurangi kemungkinan besarnya momen yang terjadi.

Transfer bond tegangan yang berasal dari tulangan tarik biasanya sering dipilih sebab tidak akan menimbulkan masalah yang berarti pada waktu pemasangan *mechanical aplices*. Transfer geser diperbaiki dengan mengubah tulangan pengekan.

Sambungan-sambungan basah biasanya tidak dapat didakai pada sambungan kolom sehingga kolom sehingga kebanyakan digunakan sambungan *dowel* atau sambungan-sambungan mekanik. Untuk gempa besar biasanya jenis sambungan ini tidak dapat memenuhi persyaratan. Selain terjadi gaya geser yang cukup besar yang harus di transfer, juga terjadi momen yang cukup besar akibat pergeseran *inflection point* akibat sifat-sifat *in-elastic* bila terjadi cukup banyak sendi-sendi plastis pada struktur. Pengaruh ragam yang lebih tinggi dapat menggeser letak *inflection point* pada analisa elastic. Gaya geser yang cukup besar dapat di transfer lewat *shear keys*.

## 7.6 Penggunaan Topping Beton

Penggunaan topping beton komposit disebabkan karena berbagai pertimbangan, tujuan utamanya adalah sebagai berikut :

1. Untuk menjamin agar lantai beton pracetak dapat bekerja sebagai satu kesatuan diafragma horizontal yang cukup kuat.
2. Agar penyebaran atau distribusi beban hidup vertical antar komponen pracetak lebih merata.
3. Meratakan permukaan beton karena adanya perbedaan penurunan atau camber mereduksi kebocoran air.

Tebal topping umumnya berkisar antara 50 mm sampai dengan 100 mm.

Pemindahan sepenuhnya gaya geser akibat beban lateral pada komponen struktur komposit tersebut akan bekerja dengan baik selama tegangan geser horizontal yang timbul tidak melampaui, maka topping beton tidak boleh dianggap sebagai struktur komposit. Melainkan harus dianggap sebagai beban mati yang bekerja pada komponen beton pracetak tersebut.

Kebutuhan baja tulangan pada topping dalam menampung gaya geser horizontal tersebut dapat direncanakan dengan menggunakan geser friksi (*shear friksi concept*).

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \cdot \mu} > A_{vf \text{ min}}$$

Dimana :

$A_{vf}$  = luas tulangan geser friksi

$V_n$  = luas geser nominal  $< 0,2 f_c' A_c$  (newton)

$< 5,5 A_c$  (newton)

$A_c$  = luas penampang beton yang memikul penyaluran geser

$f_y$  = kuat leleh tulangan

$\mu$  = koefisien friksi (=1)

$A_{vf \text{ min}}$  = 0,018  $A_c$  untuk baja tulangan mutu 400 Mpa

$$= 0,018 \frac{400}{f_y} A_c \text{ untuk tulangan } f_y > 400 \text{ Mpa}$$

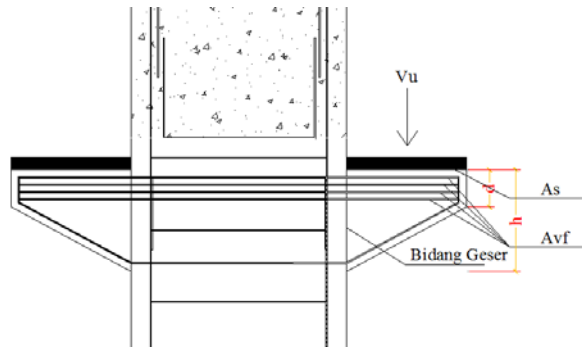
Di ukur pada tegangan leleh 0,35% = dalam segala hal tidak boleh kurang dari 0,0014  $A_c$ .

## 7.7 Perhitungan Sambungan

### 7.7.1 Perencanaan Sambungan Balok Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok dengan kolom akan digunakan sambungan konsol pendek. Balok akan diletakkan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian di pakai menjadi satu kesatuan. Sesuai SNI 03-2847-2003 pasal 13.9 ada beberapa ketentuan adlah sebagai berikut :

**7.7.1.1** Ketentuan 13.9 ini berlaku untuk konsol pendek dengan rasio bentang terhadap tinggi efektif  $a/d$  tidak lebih besar dari pada satu.



Gambar 7.1 konsol pendek

**7.7.1.2** Tinggi konsol pada tepi luar daerah

**7.7.1.3** Penampang pada muka tumpuan harus di rencanakan untuk memikul secara bersamaan suatu geser  $V_u$ ,

suatu momen  $V_{ua} + N_{uc}$  (h-d), dan suatu gaya tarik horizontal  $N_{uc}$ .

**7.7.1.4** Di dalam semua perhitungan perencanaan yang sesuai dengan 13.9, faktor reduksi kekuatan  $\phi$  harus diambil sebesar 0,75.

**7.7.1.5** Perencanaan tulangan geser friksi  $A_{vf}$  untuk memikul geser  $V_u$  harus memenuhi ketentuan 13.7.

- a. Untuk beton normal, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil lebih besar dari pada  $0,2f_c'bwd$  ataupun  $5,5bwd$  dalam Newton.
- b. Untuk beton ringan – total atau beton ringan pasir, kuat geser  $V_n$  tidak boleh diambil melebihi  $(0,2 - 0,07a/d)f_c'bwd$  ataupun  $(5,5 - 1,9a/d)bwd$  dalam Newton.

**7.7.1.6** Tulangan  $A_r$  untuk menahan momen [ $V_{ua} + N_{uc}$  (b-d)] harus dihitung menurut 12.2 dan 12.3.

**7.7.1.7** Tulangan  $A_n$  untuk menahan gaya tarik  $N_{uc}$  harus ditentukan dari  $N_{uc} < \phi A_n f_y$ . Gaya tarik  $N_{uc}$  tidak boleh diambil kurang dari pada  $0,2 V_u$ , kecuali bila digunakan suatu cara khusus untuk mencegah terjadi gaya tarik. Gaya tarik  $N_{uc}$  harus dianggap sebagai suatu beban hidup walau gaya tarik tersebut timbul akibat rangkai, susut, atau perubahan suhu.

**7.7.1.8** Luas tulangan tarik utama  $A_s$  harus diambil sama dengan nilai terbesar dari  $(A_f + A_n)$  atau  $(2A_{vf}/3 + A_n)$ .

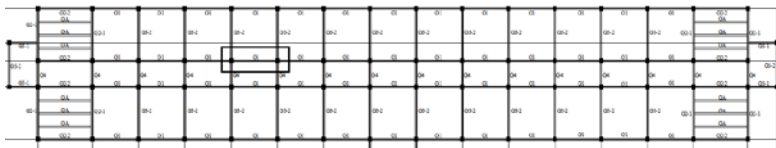
**7.7.1.9** Senggang tertutup atau senggang ikat yang sejajar dengan  $A_s$ , dengan luas total  $A_h$  yang tidak kurang dari pada  $0,5 (A_s - A_n)$ , harus disebarakan secara merata dalam rentang batas dua pertiga dari tinggi efektif konsol, dan dipasang bersebelahan dengan  $A_s$ .

**7.7.1.10** Rasio  $\rho = A_s / bd$  tidak boleh diambil kurang dari pada  $0,04 (f_c'/f_y)$ .

**7.7.1.11** Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama As harus diangkurkan dengan salah satu cara berikut :

- Dengan las struktural pada suatu tulangan transversal yang diameternya minimal sama dengan diameter tulangan As, las harus direncanakan agar mampu mengembangkan kuat leleh  $f_y$  dari batang tulangan As.
- Dengan menekuk tulangan tarik utama As sebesar  $180^\circ$  hingga membentuk suatu loop horizontal atau;
- Dengan cara lain yang mampu memberikan pengangkurkan yang baik.

**7.7.1.12** Luas daerah penumpu beban pada konsol pendek tidak boleh melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama As, dan tidak pula melampaui muka dalam dari batangtulangan angkur universal (bila terpasang).



Gambar 7.2 letak balok yang ditinjau

Berdasarkan Output SAP2000, frame 468 akibat kombinasi  $1,2D + 1l + 1Ex + 0,3Ey$

$V_u$  = 24836,04 kg

Balok = 25/45

Bw = 250 mm

tp = 5 mm

h = 350 mm

d = h – tebal plat landas –  $\frac{1}{2}$

$$\begin{aligned}
 &= \text{diameter tulangan} \\
 &= 350 - 5 - \frac{1}{2} (19) \\
 &= 335 \text{ mm} \\
 F_c' &= 30 \text{ Mpa} \\
 F_y &= 400 \text{ Mpa} \\
 a &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.9.1

- $a/d < V_u$   
 $250/335 = 0,714 < 1 \dots\dots\dots \text{OK}$
- $N_{uc} < V_u$   
 $N_{uc} = 0.2 \times 248360,4$   
 $= 49672,08 \text{ N} < 248360,4 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$
- $V_n = V_u/\phi$   
 $= 248360,4/0,75$   
 $= 331147 \text{ N}$
- $0,2 f_c' b_w d > V_n$   
 $443250 \text{ N} > 331147 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$
- $5,5 b_w d > V_n$   
 $406312,5 \text{ N} > 331147 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$

**a. Perhitungan luas tulangan geser friksi**

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \quad (\text{SNI 03-2847-2002}) \\
 &= \frac{331147}{400 \times 1,4} \\
 &= 591,334 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**b. Perhitungan tulangan untuk mmenahan momen**

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \cdot a + N_{uc} (h-d) \\
 &= 248360,4 \times 150 + 49672,08 (320-295,5) \\
 &= 38471025,96 \text{ Nmm} \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\rho_m &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} \\ &= \frac{\sqrt{30}}{4 \times 400} \\ &= 0,00342\end{aligned}$$

Di pakai  $\rho_{\min} = 0,0035$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,68\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{Mu}{0,8 \times b_w \times d^2} \\ &= \frac{38471025,96}{0,8 \times 400 \times 295,5^2} \\ &= 2,202\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,68} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 2,202}{400}} \right) \\ &= 0,0057\end{aligned}$$

Maka  $\rho_{\text{pakai}} = \rho_{\text{perlu}} = 0,0057$

$$\begin{aligned}Af_1 &= \frac{Mu}{0,85 \times 0,8 \times 400 \times d} \\ &= \frac{38471025,96}{0,85 \times 0,8 \times 400 \times 295,5} \\ &= 478,638 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Af_2 &= \rho \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,0035 \times 250 \times 295,5 \\ &= 426,120 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

### c. Perhitungan tulangan untuk menahan gaya normal Nuc

$$\begin{aligned}A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi f_y} \\ &= \frac{49672,08}{0,8 \times 400} \\ &= 155,225 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

**d. Perhitungan tulangan pokok As**

$$\begin{aligned} As1 &= (Af + An) \\ &= 478,638 \text{ mm}^2 + 155,225 \text{ mm}^2 \\ &= 633,863 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As2 &= 2 \cdot \frac{Avf}{3} + An \\ &= 2 \cdot \frac{478,638}{3} + 155,225 \text{ mm}^2 \\ &= 474,317 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As \text{ min} &= 0,04 \cdot \frac{f'c'}{fy} \cdot bw \cdot d \\ &= 0,04 \times \frac{30}{400} \times 250 \times 335 \\ &= 221,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Di pakai tulangan 3D19 ( $As = 851 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} Ah &= 0,5 (As - An) \\ &= 0,5 (633,863 - 155,225) \\ &= 239,319 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ah &= \frac{1}{3} Avf + An \\ &= \frac{1}{3} 591,334 + 155,225 \\ &= 197,111 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3D12 ( $As=340 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} Vc &= \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} bw d \\ &= \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 335 \\ &= 67438,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat perencanaan tulangan geser

$$\begin{aligned} Vs \text{ min} &= \frac{1}{3} \times bw \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 250 \times 335 \\ &= 24625 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vu &< 0,5 \cdot \emptyset \cdot Vc \\ 248360,4 &< 0,5 \cdot 0,75 \cdot 67438,3 \\ 248360,4 &< 25289,377 \text{ ..... (tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{llll}
0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c & < & V_u & < & \emptyset \cdot V_c \\
25289,377 & < & 248360,4 & < & 0,75 \cdot 67438,3 \\
25289,377 & < & 248360,4 & < & 50578,75 \\
& & & & \text{(tidak memenuhi)} \\
\emptyset \cdot V_c & < & V_u & < & \emptyset \cdot (V_c + V_s \text{ min}) \\
50578,75 & < & 248360,4 & < & 0,75 \cdot (67438,3 + 24625) \\
50578,75 & < & 248360,4 & < & 69047,505 \\
& & & & \text{(tidak memenuhi)} \\
\emptyset \cdot (V_c + V_s \text{ min}) & < & V_u & < & \emptyset \cdot (V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d) \\
69047,505 & < & 248360,4 & < & 0,75 \cdot (67438,3 + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 335) \\
69047,505 & < & 248360,4 & < & 151736,265 \\
& & & & \text{(tidak memenuhi)} \\
\emptyset \cdot (V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d) & < & V_u & < & \\
\emptyset \cdot (V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d) & < & & & \\
151736,265 & < & 248360,4 & < & 0,75 \cdot (67438,3 + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 335) \\
151736,265 & < & 248360,4 & < & 252893,77 \\
& & & & \text{(memenuhi)}
\end{array}$$

$$\begin{aligned}
V_s \text{ perlu} &= V_u - (\emptyset \cdot V_c) \\
&= 248360,4 - (0,75 \times 67428,3) \\
&= 197781,6 \text{ N}
\end{aligned}$$

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki

$$\begin{aligned}
A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\
&= 157 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$\begin{aligned}
S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\
&= \frac{157 \cdot 400 \cdot 335}{197781,6} \\
&= 93,83 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan kriteria persyaratan no. 5

$$S_{maks} < \frac{d}{4} \text{ dan } S_{maks} < 300 \text{ mm}$$

$$S = 93,83 < \frac{295,5}{4} = 73,875 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{tidak memenuhi})$$

$$S = 93,83 < 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{memenuhi})$$

dipakai sengkang Ø10-50 mm

$$\text{dipasang sepanjang } 2/3 d = 2/3 \cdot 295,5 = 197 \text{ mm}$$

#### e. Menentukan luas pelat landasan

$$V_u = \emptyset \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_I$$

$$\begin{aligned} A_I &= \frac{V_u}{\emptyset \cdot 0,85 \cdot 30} \\ &= \frac{248360,4}{0,75 \cdot 0,85 \cdot 30} \\ &= 12986,165 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipakai pelat landasan 250 x 250 (tebal 5 mm)

### 7.7.2 Perhitungan Balok Kolom

Sistem sambungan antar balok dengan kolom pada perencanaan ini memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke atas.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi tarik dan kondisi tekan.

$$D_b = 19 \text{ mm}$$

(dari perhitungan lentur balok)

$$A_s \text{ perlu} = 1861,29 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 2267,08 \text{ mm}^2$$

#### 7.7.2.1 Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 14.3

$$\lambda d = \lambda d_b \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pasang}}}$$

$$\lambda_d > 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{db} &> 0,04 \times db \times f_y \\ &= 0,04 \times 19 \times 400 \\ &= 304 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{db} &> \frac{db \times f_y}{4 \times \sqrt{f'c'}} \\ &= \frac{19 \times 400}{4 \times \sqrt{30}} \\ &= 346,89 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_d &= 346,89 \times \frac{1861,29}{2267,08} \\ &= 284,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka dipakai  $\lambda_d = 284,8 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

**7.7.2.2** Panjang penyaluran kait standart dalam tarik sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 14.5)

$$\lambda_{dh} = \lambda_{hb} \frac{f_y}{400}$$

$$\lambda_{dh} > 8 \text{ db}$$

$$\lambda_{dh} > 4 \text{ db}$$

$$\lambda_{dh} > 150 \text{ mm}$$

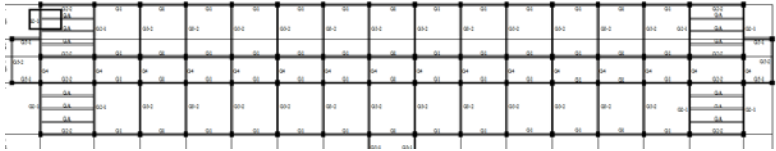
$$\begin{aligned}\lambda_{hb} &= 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c'}} \\ &= 100 \times \frac{19}{\sqrt{30}} \\ &= 346,89 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda_{dh} &= 346,89 \frac{400}{400} \\ &= 346,89 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi dipakai  $\lambda_{dh} = 346,89 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$

### 7.7.3 Perencanaan Balok Induk dengan Balok Anak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dengan balok anak digunakan sambungan dengan konsol pendek. Balok anak diletakkan pada konsol yang berada pada balok induk yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan.



Gambar 7.3 Letak Balok anak dan Balok Induk yang ditinjau

Berdasarkan Output SAP2000, frame 1036 akibat kombinasi 1,2D + 1L + 1Ex + 0,3Ey

$$V_u = 39284,8 \text{ N}$$

$$\text{Balok Anak} = 20/30$$

$$B_w = 200 \text{ mm}$$

$$T_p = 5 \text{ mm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{tebal plat landas} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan}$$

$$= 150 - 5 - \frac{1}{2} (19)$$

$$= 137$$

$$F_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$F_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$a = 200 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 13.9.1

- $a / d < 1$
- $137/200 < 1$
- $0.738 < 1 \dots\dots\dots \text{OK}$

- $N_{uc} < V_u$
- $N_{uc} = 0,2 \times 39284,8 \text{ N}$
- $= 7856,96 \text{ N}$
- $7856,96 \text{ N} < 39284,8 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$
- $V_n = \frac{V_u}{\phi}$
- $= \frac{39284,8}{0,75}$
- $= 52379,7 \text{ N}$
- $0,2 \times f_c' \times b_w \times d > V_n$
- $0,2 \times 30 \times 200 \times 145,5 > 52379,7 \text{ N}$
- $1746000 \text{ N} > 52379,7 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$
- $5,5 \times b_w \times d > V_n$
- $5,5 \times 200 \times 145,5 > 52379,7 \text{ N}$
- $160050 \text{ N} > 52379,7 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$

#### 7.7.3.1 Perhitungan luas tulangan geser friksi

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \pi} \quad (\text{SNI 03-2847-2002}) \\
 &= \frac{52379,7}{400 \times \pi} \\
 &= 93,535 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

#### 7.7.3.2 Perhitungan tulangan untuk menahan momen

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \cdot a + N_{uc} (h-d) \\
 &= 39284,8 \times 100 + 7856,96 (170-145,5) \\
 &= 4120975,52 \text{ Nmm} \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_m &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} \\
 &= \frac{\sqrt{30}}{4 \times 400} \\
 &= 0,00342 \\
 \text{Maka dipakai } \rho_{\min} &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686 \\
 R_n &= \frac{M_u}{0,8 \times 200 \times d^2} \\
 &= \frac{4120975,52}{0,8 \times 200 \times 145,4^2} \\
 &= 1,2166 \\
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,68} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 1,216}{400}} \right) \\
 &= 0,00311 \\
 A_{f1} &= \frac{M_u}{0,85 \phi f_y d} \\
 &= \frac{4120975,52}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 145,5} \\
 &= 104,128 \text{ mm}^2 \\
 A_{f2} &= \rho \times b_w \times d \\
 &= 0,0035 \times 200 \times 145,5 \\
 &= 101,85 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Dipakai tulangan 2D12 (} A_s = 228 \text{ mm}^2 \text{)}
 \end{aligned}$$

### 7.7.3.3 Perhitungan tulangan untuk menahan gaya normal Nuc

$$\begin{aligned}
 A_n &= \frac{N_{uc}}{\phi f_y} \\
 &= \frac{7856,96}{0,75 \times 400} \\
 &= 24,553 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

### 7.7.3.4 Perhitungan tulangan pokok As

$$\begin{aligned}
 A_{s1} &= (A_f + A_n) \\
 &= 104,128 + 24,553 \\
 &= 128,681 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 A_{s2} &= 2 \frac{A_v f}{3} + A_n \\
 &= 2 \frac{104,128}{3} + 24,553 \\
 &= 93,9718 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ min}} &= 0,04 \times \frac{f_{c'}}{f_y} \times b \times d \\
 &= 0,04 \times \frac{30}{400} \times 200 \times 145,5 \\
 &= 87,3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3D19 ( $A_s = 851 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned}
 A_h &= 0,5 (A_s - A_n) \\
 &= 0,5 (128,681 - 24,553) \\
 &= 52,0641 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} b_w d \\
 &= \frac{1}{6} \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 145,5 \\
 &= 26564,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat perencanaan tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min}} &= \frac{1}{3} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 200 \times 145,5 \\
 &= 9700 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &< 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \\
 39284,8 &< 0,5 \cdot 0,75 \cdot 26564,5 \\
 39284,8 &< 9961,704 \text{ ..... (tidak memenuhi)} \\
 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c &< V_u < \emptyset \cdot V_c \\
 9961,704 &< 39284,8 < 0,75 \cdot 26564,5 \\
 9961,704 &< 39284,8 < 19923,408 \text{ ..... (tidak memenuhi)} \\
 \emptyset \cdot V_c &< V_u < \emptyset \cdot (V_c + V_{s \text{ min}}) \\
 19923,408 &< 39284,8 < 0,75 \cdot (26564,5 + 9700) \\
 19923,408 &< 39284,8 < 27198,408 \\
 &&& \text{(tidak memenuhi)} \\
 \emptyset \cdot (V_c + V_{s \text{ min}}) &< V_u < \emptyset \cdot (V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b_w \cdot d)
 \end{aligned}$$

$$27198,408 < 39284,8 < 0,75 \cdot (26564,5 + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 200 \cdot 145,5)$$

$$27198,408 < 39284,8 < 59770,224 \quad (\text{memenuhi})$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= V_u - \phi V_c \\ &= 39284,8 - 0,75 \times 26564,5 \\ &= 19361,4 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{157 \cdot 400 \cdot 145,5}{26564,5} \\ &= 471,931 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan berdasarkan kriteria persyaratan no. 4

$$S_{maks} < \frac{d}{4} \text{ dan } S_{maks} < 300 \text{ mm}$$

$$S = 471,931 < \frac{145,5}{4} = 72,75 \text{ mm (tidak memenuhi)}$$

$$S = 471,939 < 600 \text{ mm ..... (memenuhi)}$$

dipakai sengkang Ø10-50 mm

$$\text{dipasang sepanjang } 2/3 d = 2/3 \cdot 145,5 = \text{ mm}$$

### 7.7.3.5 Menentukan luas pelat landasan

$$V_u = \phi \cdot 0.85 \cdot f_c' \cdot A_I$$

$$A_I = \frac{V_u}{\phi \cdot 0.85 \cdot 30}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{39284,8}{0,75 \cdot 0,85 \cdot 30} \\
 &= 2054,107 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipakai pelat landasan 250 x 250 (tebal 5 mm)

#### 7.7.4 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Db = 19 mm (dari perhitungan lentur balok 20/30)

Asperlu = 863,65 mm<sup>2</sup>

Aspasang = 1140,39 mm<sup>2</sup>

##### 7.7.4.1 Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 14.3

$$\begin{aligned}
 \lambda d &= \lambda db \frac{Asperlu}{Aspasang} \\
 \lambda d &> 200 \text{ mm} \\
 \lambda db &> 0,04 \times db \times fy \\
 &= 0,04 \times 19 \times 400 \\
 &= 304 \text{ mm} \\
 \lambda db &> \frac{db \times fy}{4 \times \sqrt{f'c}} \\
 &= \frac{19 \times 400}{4 \times \sqrt{30}} \\
 &= 346,89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda d &= 346,89 \times \frac{1861,29}{2267,08} \\
 &= 284,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai  $\lambda d = 284,8 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

##### 7.7.4.1 Panjang penyaluran kait standart dalam tarik sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 14.5)

$$\begin{aligned}
 \lambda dh &= \lambda hb \frac{fy}{400} \\
 \lambda dh &> 8 db
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{dh} &> 4 \text{ db} \\
 \lambda_{dh} &> 150 \text{ mm} \\
 \lambda_{hb} &= 100 \times \frac{db}{\sqrt{f'c'}} \\
 &= 100 \times \frac{19}{\sqrt{30}} \\
 &= 346,89 \text{ mm} \\
 \lambda_{dh} &= 346,89 \frac{400}{400} \\
 &= 346,89 \text{ mm} \\
 \text{Jadi dipakai } \lambda_{dh} &= 346,89 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 7.7.5 Sambungan Balok dengan Pelat

Untuk memperkuat sambungan pelat dan balok, maka pada bagian tepi pelat akan diberikan lebihan tulangan (panjang penyaluran) yang nantinya akan di cor bersamaan dengan pengecoran topping.

Panjang penyaluran bias dipasang pada satu arah maupun dua arah tergantung bagaimana pelat direncanakan. Jika direncanakan dua arah maka panjang penyaluran akan dipasang dua arah. Jika pelat sebagai satu arah maka panjang penyaluran hanya dipasang satu arah saja.

$$\begin{aligned}
 D_b &= 12 \text{ mm} \\
 \text{Arah X : } \quad \text{Asperlu} &= 329 \text{ mm}^2 \\
 \quad \quad \quad \text{Aspasang} &= 565 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Penyaluran Arah X

1. Tarik

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{l_d}{d_b} &= \frac{12 \cdot f_y \cdot \lambda \cdot \alpha \beta}{25 \cdot \sqrt{f'c'}} \\
 l_d &= \frac{12 \times 400 \times 1,3 \times 1 \times 1 \times 12}{25 \cdot \sqrt{30}}
 \end{aligned}$$

$$= 546,846 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

## 2. Tekan

$$l_d = l_{db} \frac{A_{sperlu}}{A_{spasang}}$$

$$l_d > 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{db} &> 0,04 \cdot d_b \cdot f_y \\ &= 0,04 \times 12 \times 400 \\ &= 192 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{db} &> \frac{d_b \times f_y}{4 \sqrt{f'c}} \\ &= \frac{12 \times 400}{4 \times \sqrt{30}} \end{aligned}$$

$$= 219,089 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_d &= 219,089 \frac{A_{sperlu}}{A_{spasang}} \\ &= 219,089 \frac{329}{565} \end{aligned}$$

Maka dipakai  $l_d = 200 \text{ mm}$

### 7.7.6 Tegangan geser pada pelat baja dan las

$$\begin{aligned} V_n \text{ pelat penuh} &= 1/6 \times \sqrt{f'c} \times b \times t \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 12986,164 \times 130 \\ &= 1541109,991 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n \text{ overtopping} &= 1/6 \times \sqrt{f'c} \times b \times t \\ &= 1/6 \times \sqrt{30} \times 12986,164 \times 50 \\ &= 592734,612 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n \text{ pelat baja} &= V_n \text{ pelat penuh} - V_n \text{ overtopping} \\ &= 1541109,991 - 592734,612 \\ &= 948375,379 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= \frac{V_n \text{ pelat baja}}{2} \\ &= \frac{948375,379}{2} \\ &= 474187,68 \text{ N} \end{aligned}$$

### 7.7.7 Perencanaan Pelat Penyambung antar Panel Pelat

Menghitung Gaya geser pada beton

Berat Sendiri (qD) :

$$\text{Pelat} = 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,1\text{m} \times 4,45\text{m} = 288 \text{ kg}$$

$$\text{Spesi} = 2\text{cm} \times 21 \text{ kg} = 42 \text{ kg}$$

$$\text{Tegel} = 1\text{cm} \times 22 \text{ kg} = 22 \text{ kg}$$

---


$$= 1475 \text{ kg}$$

Beban Hidup (qL) :

$$250 \text{ kg/m}^2 \times 1,1\text{m} \times 4,45\text{m} = 1224 \text{ kg}$$

$V_u = 1,2D + 1,6L$  :

$$1,2 \cdot 1475 \text{ kg} + 1,6 \cdot 1224 \text{ kg} = 3728,4 \text{ kg}$$

$$= 37284 \text{ N}$$

Direncanakan dimensi panel plat penyambung

$$L = 40\text{mm}, P = 150 \text{ mm}, t = 4 \text{ mm}$$

d = tebal pelat beton

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 1/6 \times \sqrt{30} \times 150\text{mm} \times 120\text{mm}$$

$$= 16431 \text{ N} = 1643,1 \text{ kg}$$

$$V_u / V_c = 3728,4 \text{ kg} / 1643,1 \text{ kg}$$

$$= 2,269 \text{ buah}, \text{ pasang } 4 \text{ buah}$$

Menghitung gaya geser pada panel plat penyambung

Dipakai BJ 37, Las E70xx (490 Mpa)

a = tebal las

$$t_e = 0,707 \times a$$

$$= 0,707 \times 4 = 2,828$$

Menghitung kuat rencana las tumpul

$$\phi \cdot R_w = 0,90 \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_y) \quad (\text{bahan dasar})$$

$$= 0,90 \cdot 2,828 \cdot (0,60 \cdot 240 \text{ Mpa})$$

$$= 366,509 \text{ N/mm} \quad (\text{menentukan})$$

$$\phi \cdot R_w = 0,80 \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_u) \quad (\text{las})$$

$$= 0,80 \cdot 2,82 \cdot (0,60 \cdot 490 \text{ Mpa})$$

$$= 665,146 \text{ Nmm}$$

$$\diamond = 366,509 \text{ N/mm} \times \text{panjang las}$$

$$= 366,509 \text{ N/mm} \times 150\text{mm}$$

$$= 54976,4 \text{ N}$$

Kuat rencana panel penyambung plat <  $V_u$  beton

$$54976,4 \text{ N} < 37284 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002 :

Direncanakan  $\emptyset$  8

$$= 100 \cdot d_b / \sqrt{f_c'}$$

$$= 100 \cdot 8 / \sqrt{30}$$

$$= 146 \text{ mm} \quad \text{Dipasang } l_d = 150 \text{ mm}$$

### 7.7.8 Perencanaan tebal Las

$$\text{Las E70} = (1 \text{ KSI} = 6,985 \text{ Mpa})$$

$$C_w = 35 \text{ KSI} = 241,325 \text{ Mpa}$$

$$\tau_w = 21 \text{ KSI} = 144,795 \text{ Mpa}$$

$$\frac{1}{2} V_n \text{ pelat} = t \text{ las} \times L \times \tau_w$$

$$\frac{1}{2} 37284 \text{ N} = t \text{ las} \times 150 \times 144,795$$

$$t \text{ las} = 0,8584 \text{ mm}$$

Dipakai tebal las 4 mm

### 7.7.9 Perencanaan Reinforced Concrete Bearing

Perencanaan penulangan ujung balok induk berdasarkan buku PCI Design Handbook Section 6.9 yaitu tentang Concrete Brackets and Corbel. Karena dihitung dengan PCI maka satuan yang dipakai adalah :

- lb atau kips untuk satuan gaya
- ln untuk besaran panjang
- psi untuk  $f_c'$
- ksi untuk  $f_y$

Hal ini dikarenakan berkaitan dengan koefisien-koefisien yang akan dipakai. Menurut SNI 03-2847-2002, *Bearing strenghton plain concrete* adalah :

$$\emptyset V_n = \emptyset \cdot C_r (0,85 \cdot f_c' \cdot A_s) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$\emptyset V_n = 2 \cdot f_c' \cdot A_l$$

$$\emptyset = 0,7$$

- $Cr = \frac{Sw \frac{Nu}{Vu}}{200} = 1$  bila tidak ada goyangan horizontal  
 A1 = luas permukaan beton yang mendukung beton  
 A2 = luas proyeksi permukaan A1

Batas searing strength adalah  $\phi V_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b_w$  jika  $V_u > \phi V_n$  hasil bearing strength on plain concrete maka perlu tulangan end bearing. Penulangan end bearing berdasarkan analisa geser friksi. Prosedur yang digunakan PCI adalah sebagai berikut :

- 7.7.9.1** Diasumsikan sudut retak adalah vertical  $\theta = 0^\circ$
- 7.7.9.2** Hitungan tulangan horizontal :
- $$A_t = A_{vf} + A_n = \frac{V_u}{\phi \cdot f_y \cdot \mu} + \frac{N_u}{\phi \cdot f_y}$$
- 7.7.9.3** Sudut penanaman adalah  $15^\circ$  seperti yang disarankan refrensi.
- 7.7.9.4** Nilai  $\mu = 1,4\lambda = 1,4 \times 1 = 1,4$
- 7.7.9.5** Hitung tulangan sengkang:
- $$A_{sh} = \frac{(A_{vf} + A_n) f_y}{\mu e \cdot f_{ys}}$$
- Dimana  $\mu e = \frac{1000 \cdot 2 \cdot A_{cr} \cdot \mu}{(A_{vf} + A_n) f_y}$
- $A_{cr} = \lambda d \cdot b$
- Dimana :
- $b$  = lebar balok
- $\lambda d$  = panjang penanaman
- $f_{ys}$  = mutu baja sengkang  $A_{sh}$
- 7.7.9.6** Nilai maksimum  $V_n$  di PCI Design Handbook tabel 6.7.1 untuk beton cor monolit
- $$1000 \cdot \lambda^2 \cdot A_{cr} \cdot \mu_{recomended} = 1,0, \lambda \cdot \mu e \max = 3,4$$
- $$V_u = 248360,4 \text{ N} = 55,713 \text{ kips}$$
- $$N_u = 0,2 \times V_u = 0,2 \times 55,713 \text{ kips} = 11,142 \text{ kips}$$
- $$f_y = 400 \text{ Mpa} = 57970 \text{ Psi}$$
- $$f_c' = 30 \text{ Mpa} = 4347,75 \text{ Psi}$$



$$f_{ys} = 240 \text{ Mpa} = 34782 \text{ Psi}$$

Dimensi balok sebelum komposit 25/45

$$h = 45 \text{ mm} = 1,72 \text{ in}$$

$$\text{dipakai pelat landasan } b = 25 \text{ mm} = 0,94 \text{ in}$$

$$w = 25 \text{ mm} = 0,94 \text{ in}$$

$$A_{cr} = b \times h = 0,94 \times 1,72 = 1,617 \text{ in}^2$$

Cek :  $M_n$  maximum dari PCI Design Handbook tabel 6.7.1

$$1000 \cdot \lambda^2 \cdot A_{cr} = 1000 \times 1^2 \times 1,617$$

$$= 1,617 \text{ kips}$$

$$\text{Max } V_n = 0,85 \times 1,617 \times 105 \text{ kips}$$

$$= 15562,99 > V_u = 55,714$$

OK

$$\mu_e = \frac{1000 \lambda x A_{cr} x \mu}{V_u}$$

$$= \frac{1000 \times 1 \times 1,617 \times 1,4}{55,713 \times 1000}$$

$$= 4,3817 \text{ kips} < 55,713 \text{ kips}$$

Dipakai  $V_n = 4,3817 \text{ kips}$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{\phi \cdot f_y \cdot \mu_e}$$

$$= \frac{4,3817 \times 1000}{0,8 \times 400 \times 4,3817}$$

$$= 0,0215 \text{ in}^2$$

$$A_n = \frac{N_u}{\phi \cdot f_y}$$

$$= \frac{11,1427}{0,8 \times 400}$$

$$= 0,2402 \text{ in}^2$$

$$A_{vf} + A_n = 0,0215 \text{ in}^2 + 0,2402 \text{ in}^2$$

$$= 0,2618 \text{ in}^2 = 168,923 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 2Ø10 ( $A_s = 226 \text{ mm}^2$ )

Pasang ld sesuai dengan tabel 11.2.8 (PCI Design Handbook)

$$\text{Untuk : } \lambda_a = \lambda_b = 1$$

$$\lambda_c = 1,3$$

$$\lambda_d = 1$$

$$I_{db} = 9,5$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= 1861,29 \text{ mm}^2 = 0,7328 \text{ in}^2 \\ \text{As pasang} &= 2267,08 \text{ mm}^2 = 0,89255 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_e &= \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{pasang}}} \\ &= \frac{0,7328}{0,8925} \\ &= 0,821 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{mt} &= 1,18 \frac{f_y}{\sqrt{f'_{c'}}} \\ &= 1,18 \frac{400}{\sqrt{30}} \\ &= 15,733 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_d &= \lambda_a + \lambda_b + \lambda_c + \lambda_d + \lambda_e + \lambda_{mt} \\ &= 1 + 1 + 1,3 + 1 + 0,821 + 15,733 \\ &= 20,854 \text{ in} > 12 \text{ in} \end{aligned}$$

Maka dipakai  $l_d = 12 \text{ in} = 30,48 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} A_{cr} &= l_d \times b \\ &= 35 \times 25 \\ &= 875 \text{ cm}^2 = 87500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_e &= \frac{1000 \cdot \lambda \cdot A_{cr} \cdot \mu}{(A_v f + A_n) f_y} \\ &= \frac{1000 \times 1 \times 174,375 \times 1,4}{0,2618 \times 57970} \\ &= 16,083 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh} &= \frac{(A_v f + A_n) f_y}{\mu_e f_{ys}} \\ &= \frac{0,2618 \times 57970}{16,084 \times 34782} \\ &= 0,02713 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka dipakai } 3\text{Ø}10 \text{ (As} &= 236 \text{ mm}^2) &= 0,3658 \\ \text{in}^2 \end{aligned}$$



### **Adimas Bayu Ramana,**

Penulis dilahirkan di Surabaya, 17 Desember 1993, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Wonorejo 274 Surabaya, SMP Negeri 12 Surabaya, SMA Negeri 17 Surabaya. Setelah lulus dari SMA Negeri 17 Surabaya tahun 2011, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma III ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 3111.030.023. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi kampus HIMA D3TEKSI FTSP-ITS (Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Sipil FTSP-ITS) dan menjabat sebagai Wakil Ketua Himpunan 1. Penulis juga aktif dalam kegiatan Minat Bakat dibidang Bola Basket dan menjabat sebagai Ketua tim Bola Basket Jurusan pada tahun 2011-2013 Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan di beberapa kegiatan selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember seperti Ketua Acara BCC (Bridge Contruction Competition) sejawabali 2013.

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***



**Aulia Rahman Al - Hamani,**

Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 18 Desember 1992, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bustanul Atfal, SD Muhammadiyah 1-2 sepanjang taman Sidoarjo, SMP Negeri 3 TamanS idoarjo, SMA Al – Falah ketintang Surabaya. Setelah lulus dari SMA Al – Falah ketintang Surabaya tahun 2011, Penulis mengikuti ujian masuk

Diploma ITS dan diterima di jurusan Teknik Sipil pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 3110.030.009. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh kampus ITS. UKM Musik dan berbagai kegiatan kampus lain yang diadakan oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

***“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”***